TRADUCEREA DE P. TEODORU ŞI D. IORDAN

DEREK J. DE SOLLA PRICE

Ştiinţă mică, ştiinţă mare

<30

EDITURA ŞTIINŢIFICA
Bucureşti, 1971

Coperta de Dumitru Ionescu

Derek J. de Solia Price

LITTLE SCIENCE, BIG SCIENCE ©Columbia University Press, 1963

Cuvînt înainte

în cursul dezvoltării ei, ştiinţa, aşa cum o concepem în prezent, a servit nu numai la o mai profundă cunoaştere a naturii, dar a exercitat o influenţă crescîndă asupra producţiei materiale, asupra economiei şi societăţii în general. Influenţa aceasta multilaterală a ştiinţei, analizată în secolele trecute de filozofi, a devenit în zilele noastre precumpănitoare pentru prezentul şi mai ales viitorul omenirii. Cu toţii simţim revoluţia ştiinţifică şi tehnică actuală, cu toţii dorim ca efectele ei să fie numai favorabile.

In această situaţie unii oameni de ştiinţă au început să analizeze metodele, efectele şi legităţile dezvoltării ştiinţei. John Bernal a propus iniţierea unei ştiinţe despre ştiinţă. Apelul său a fost urmat de mulţi discipoli şi colegi. Dacă s-ar face o anchetă mondială pentru desemnarea unui urmaş al lui, atunci cu siguranţă că între primii numiţi s-ar găsi şi Profesorul Derek de Solia Price, autorul acestei cărţi, datorită activităţii sale îndelungate şi rodnice pe acest tărîm.

Pentru a înţelege mai uşor genul său particular de la studia global ştiinţa în mersul ei înainte, să dăm cîteva date biografice.

Născut în Anglia, tînărul D. Price a studiat întîi fizica, apoi istoria şi filozofia ştiinţei la Universitatea din Cambridge, unde şi-a început cariera universitară în anii 1952—1956. A urmat o perioadă de pelegrinaje în Danemarca, în Malaezia şi la Singapoore unde a stat 3 ani. De acolo a fost chemat la celebra Universitate Yale din New Haven, Statele Unite, unde este şi în prezent profesor, şef de

catedră şi Director al Departamentului pentru istoria ştiinţei şi medicinei.

Pasionat cercetător al izvoarelor şi relicvelor ştiinţei antice, colecţionar al unor vechi instrumente ştiinţifice, posedă personal o bibilotecă bogată despre istoria ştiinţei şi tehnicii. Cursurile sale sînt urmărite cu mare interes de studenţi, atît la Yale cît şi la alte universităţi unde este frecvent invitat. Participă la toate manifestările internaţionale importante privind istoria şi dezvoltarea ştiinţei.

A vizitat ţara noastră de două ori, în anul 1970, o dată ca invitat al Academiei R.S. România, pentru o conferinţă ţinută în cadrul Centrului de documentare ştiinţifică al Academiei R.S. România (care nu va putea fi curînd uitată de auditoriu), a doua oară în trecere de la Congresul de logică. a ştiinţei, ţinut la Varna.

Meritul cel mai mare al profesorului Price nu este atît culegerea de date despre toate aspectele ştiinţei, ci depistarea acestor date în literatura de specialitate şi interpretarea lor magistrală. Urmărind ritmul de dezvoltare a ştiinţei, măsurat prin creşterea numărului de cadre şi a producţiei ştiinţifice (numărul de articole apărute), el a reuşit să descopere legităţile acestor creşteri şi să deducă din ele pe cele ale influenţei ştiinţei asupra politicii, economiei şi cadrelor ştiinţifice.

Demonstrînd că ritmul de creştere al ştiinţei este exponenţial, deci cu rată anuală constantă, dar mai mare decît al populaţiei şi chiar al economiei, profesorul Price defineşte *Ştiinţa mare* nu prin vreun fenomen exploziv, ci de fapt prin acea mutaţie care apare atunci cînd o creştere continuă a unei activităţi începe să frîneze celelalte activităţi şi forţat trebuie să se ajungă la o tendinţă de saturaţie. Ştiinţa mare

intră în conştiinţa întregii populaţii prin influenţele majore pe care le exercită pe toate planurile de activitate.

Concluziile ce rezultă pentru structura nouă a ştiinţei, pentru relaţiile dintre oamenii de ştiinţă, pentru producţia şi productivitatea în activitatea de cercetare sînt remarcabile şi stîrnesc un interes general, inclu- zînd pe cel al forurilor responsabile pentru făurirea unei politici ştiinţifice juste.

Prezenta broşură, împreună cu una anterioară, intitulată *Science since Babylon* (Ştiinţa de la Babilon încoace), prezintă sintetic rezultatele unor cercetări cuprinzătoare, din care reiese clar efortul autorului de a introduce metode obiective, matematizabile, în evaluarea globală a dezvoltării ştiinţei şi efectelor ei. Cartea trebuie şi merită să fie citită de orice intelectual, precum şi de cei care lucrează în domenii conexe cu ştiinţa. Desigur unele dintre părerile exprimate de către autor sînt influenţate de relaţiile socio-eco- nomice ale mediului respectiv şi trebuie privite cu necesara rezervă de către cititor. Formulările mate- Imatice se fac în mare parte în subsol, deci fără a compromite fluenţa textului. Figurile înlesnesc urmărirea legităţilor descoperite de autor.

încă o avertizare. Stilul autorului nu este de loc ermetic, dar are o topică particulară, ceea ce îngreuiază considerabil traducerea. Poate că acest mod de exprimare personal se va simţi de cititor, dar nu în dezavantajul operei, care rămîne remarcabilă.

ACAD. A. AVRAMESCU

Conferinţele „George B. Pegram

Ştiinţa joacă un rol atît de important în lumea contemporană, încît trebuie folosit orice prilej, care se prezintă, pentru o evaluare judicioasă a interacţiunii dintre ştiinţă şi celelalte aspecte ale societăţii noastre.

In acest scop conducătorii instituţiei *Trustees oj Associated Universities Inc.* au instituit ciclurile anuale de conferinţe *George B. Pegram* care se ţin la *Naţional Laboratory* din Brookhaven. Fiecare ciclu de conferinţe durează aproximativ două săptămîni, în care timp conferenţiarul locuieşte în această instituţie. Acest aranjament îi dă omului de ştiinţă multe prilejuri de contacte oficiale şi neoficiale şi îl eliberează de alte îndatoriri.

Ciclurile de conferinţe au primit denumirea arătată mai sus pentru cinstirea lui George Braxton Pegram (1877—1958), unul din cei mai influenţi oameni de ştiinţă din epoca nucleară. Profesor de fizică, el a fost decan şi vicepreşedinte al Universităţii Columbia. In 1946 a condus „Grupul Universitar de Ini- ţiere“ *(Initiatory University Group)* care a propus înfiinţarea unui centru regional de cercetări în ştiinţele nucleare în zona oraşului New York, centru care a avut un rol cheie în înfiinţarea lui *Associated Universities Inc.* şi în fondarea lui *Brookhaven Naţional Laboratory.* A primit multe distincţii şi titluri onorifice pentru servicii remarcabile în domeniul fizicii, ultima dintre ele fiind medalia de aur *Karl Taylor Compton.* Mintea lucidă şi amabilitatea lui George B.

Pegram vor dăinui multă vreme în amintirea acelora care l-au cunoscut. Aceste cicluri de conferinţe în cinstea lui au fost organizate pentru promovarea convingerii sale că rezultatele ştiinţei pot fi puse în slujba nevoilor şi speranţelor omenirii.

Conferenţiarii de pînă acum din ciclul conferinţelor *Pegram* au fost oameni de ştiinţă distinşi care, fiecare din punctul său deosebit de vedere, au cercetat impactul ştiinţei şi al oamenilor de ştiinţă asupra societăţii. Profesorul Derek J. de Solia Price de la Universitatea Yale, al patrulea conferenţiar din acest ciclu de conferinţe, este un binecunoscut istoric al ştiinţei, care într-un anumit sens a preferat să privească reversul medaliei. Conferinţele sale, ţinute între 19 şi 29 iunie 1962, s-au ocupat de însăşi sociologia ştiinţei. Aplicînd metodele ştiinţifice la investigarea creşterii rapide a ştiinţei, a rolului schimbător al publicaţiilor ştiinţifice şi al evoluţiei organizaţiilor ştiinţifice, Dr. Price prezintă o analiză fascinantă a problemelor care se situează în centrul vieţii oamenilor de ştiinţă contemporani. Dubla sa pregătire, ca fizician şi istoric, îi conferă o calificare unică pentru sarcina pe care şi-a asumat-o.

Comitetul de conferinţe „Pegram[11] din 1962

George B. Collins Herbert J. Kouts Irving J. Polk Henry Quastler James S. Robertson Gerhart Friedlander, Preşedinte.

Prefaţă

Misiunea Conferenţiarilor ciclului „Pegram“ este de a se preocupa de ştiinţă şi de locul acesteia în societate. în mod obişnuit, aceasta se poate realiza fie prin expuneri de ştiinţă popularizată, fie prin

adoptarea unuia din diferitele stiluri folosite în discuţiile umanistice cu privire la raporturile dintre oameni şi ştiinţă. Conferenţiarii care m-au precedat în această serie de conferinţe au înfăţişat conţinutul ştiinţei spaţiale şi au făcut incursiuni în filozofia şi istoria ştiinţei. Deşi din punct de vedere profesional preocupările mele sînt legate de istoria ştiinţei, posed un anumit trecut „preistoric" de fizician şi aceasta m-a determinat să tratez aceste conferinţe, poate, într-un mod cu totul deosebit.

Ţelul meu nu este de a discuta conţinutul ştiinţei şi nici chiar de a face o analiză umanistică a relaţiilor acesteia. Doresc mai curînd să lămuresc acele abordări, mai obişnuite, care tratează în mod separat toate analizele ştiinţifice ce pot fi efectuate asupra ştiinţei. De ce oare să nu îndreptăm instrumentele ştiinţei către ştiinţa însăşi? De ce să nu măsurăm şi să nu generalizăm, să nu emitem ipoteze şi să nu tragem concluzii?

în conferinţele care au pornit iniţial de la o instituţie atomică atît de importantă cum este Brookhaven, nu ar avea sens să se explice modul în care ştiinţa a devenit o parte crucială şi foarte costisitoare a activităţii omului. în cursul acestei evoluţii, ştiinţa şi-a însuşit un număr mare de elemente de administrare, organizare şi de politică. Acestea au evoluat, în cea mai mare parte, pornind de la o bază empirică *ad hoc.* Faptul că această situaţie nu a fost apreciată suficient din punct de vedere umanist, constituie pentru mine o preocupare aproape permanentă. în cursul acestor conferinţe îmi voi exprima îngrijorarea că noi nu am analizat suficient de ştiinţific un întreg ansamblu de legităţi, care pot fi disecate înainte de a începe să ne ocupăm în mod umanistic de acele abateri care survin datorită

faptului că oamenii sînt oameni şi nu maşini.

Metoda mea de abordare va fi de a trata statistic, dar fără a recurge prea mult la matematică, problemele generale ale formei şi dimensiunii ştiinţei şi ale regulilor de bază care guvernează creşterea şi comportamentul ştiinţei în general. Cu alte cuvinte, nu voi discuta nici amănuntele descoperirilor ştiinţifice sau ale folosirii şi ale interrelaţiilor lor. Nu voi discuta nici chiar despre anumiţi oameni de ştiinţă. Tra- tînd ştiinţa mai curînd ca pe o entitate ce poate fi măsurată, mă voi strădui să prezint un calcul al forţei de muncă, literaturii, talentului şi al cheltuielilor pentru ştiinţă pe scară naţională şi internaţională. Pe baza unui asemena calcul nădăjduiesc să analizez care este elementul esenţialmente nou în epoca prezentă a *Ştiinţei mari* şi care o deosebeşte de stadiul anterior al *Ştiinţei mici.*

Metoda folosită este asemănătoare aceleia din ter- modinamică, în care se discută comportamentul unui gaz în condiţii variate de temperatură şi presiune. Nu ne fixăm privirea asupra unei anumite molecule, numită George, care se deplasează cu o anumită viteză şi care se află într-un anumit loc la un moment dat; vom considera numai o medie a întregii alcătuiri în care unele molecule sînt mai rapide decît altele şi în care ele sînt distanţate la întîmplare, mişcîndu-se în diferite direcţii. Pa baza unei asemenea medii imper- sonale se pot spune lucruri utile despre comportamentul gazului[I] luat ca un tot şi tocmai acesta este modul în care doresc să mă ocup de analiza ştiinţei ca un tot.

Potrivit acestei metafore, prima mea conferinţă

I Trebuie reţinut că cuvintul *gas* derivă din grecescul *Khaos,* care este chiar termenul general pentru haos.

este consacrată volumului ştiinţei, a doua distribuţiei vitezei moleculelor sale, a treia modului de interacţiune dintre molecule şi a patra deducerii proprietăţilor politice şi sociale ale acestui gaz.

DEREK J. DE SOLLA PRICE

New Haven noiembrie, 1962

Prefaţă la ediţia românească

In mai 1970, la invitaţia preşedintelui Miron Nicolescu şi a academicianului dr. Aurel Avramescu, am avut onoarea să prezint în cadrul Academiei Republicii Socialiste România unele probleme privind informarea ştiinţifică. Cu această ocazie am fost foarte plăcut impresionat să constat interesul viu faţă de această problemă şi, în afară de aceasta, cunoaşterea aprofundată a domeniului mai general al studiului ştiinţific privind dezvoltarea şi structura ştiinţei. Acest domeniu, cunoscut în diferite ţări sub diferite denumiri caracteristice — *nauka nauki* (ştiinţa ştiinţelor), *science policy stu- dies* (studii de politică ştiinţifică), *politique scienttfique* (politică ştiinţifică), *Wissenschaftstheorie* (teoria ştiinţei), *scientica* etc. are tot atîtea variante conceptuale cîţi practicieni.

în pofida acestor diferenţe, el apare totuşi din ce în ce mai pregnant ca un domeniu de cercetări la nivelul cel mai înalt. In trecut, cartea despre John Bernal este aceea care m-a inspirat şi m-a condus la lucrarea de faţă, care nădăjduiesc că a adus, la rîndul său, o contribuţie modestă la demonstrarea faptului că în afara problemelor de politică în organizarea ştiinţei există şi o problemă complicată şi dificilă de erudiţie. In ce mă priveşte, consider că tema acestei cărţi are exact aceleaşi relaţii cu ştiinţa pe care teoria economică le are cu structura financiară a unui stat.

Poate că nicăieri politica ştiinţifică şi teoria acesteia nu sînt mai vitale ca într-o ţară socialistă şi într-o ţară

t5 mică. Există mari posibilităţi de planificare şi posibilităţi şi mai mari fie pentru succese decisive, fie pentru erori cu totul fatale.

In ediţia de faţă, la capitolele din ediţia iniţială au fost adăugate două studii, iniţial distincte, unul consacrat tratării mai generale a problemelor celor mai recente de desfăşurare a resurselor şi celălalt distribuţiei ştiinţei în localităţile mari şi mici. Ele reiau şi susţin lucrarea iniţială completînd-o cu date noi şi interesante.

DEREK *3.* DE SOLLA PRICE *Bucureşti august, 1970*

Mulţumiri

îmi exprim recunoştinţa pentru imboldul şi ajutorul acordat de studenţii postuniversitari la seminariile mele de la Universitatea Yale, pentru munca şi devotamentul asistentei mele de cercetări, domnişoara Joy Day şi pentru neobosita vigilenţă literară a bunului meu prieten David Klein. De asemenea, datorez mulţumiri d-lui Asger Aaboe pentru întocmirea şi forma de prezentare a multor grafice. Mai sînt îndatorat editurii „Yale Uni- versity Press“ pentru permisiunea de a reproduce unele figuri din lucrarea *Science since Babylon*[1], pe care am publicat-o la această editură în 1962; editurii „McGraw- Hill Book Company“ pentru permisiunea de a reproduce graficul privitor la dezvoltarea acceleratorilor de particule din lucrarea *Partide Accelerators* de M. S. Livington şi J. P. Blewett; editurii „Addison-Wesley Publishing Company* pentru graficul privitor la creşterea oraşelor din lucrarea lui G. K. Zipf, *Human Behavi- or and the Prindple of Least Effort** şi editurii „Cam- bridge University Press“ pentru permisiunea de a folosi o adaptare a unei figuri din lucrarea lui D’Arcy W. Thompson, *Growth and Form*[3].

Pentru ultimele două capitole trebuie să aduc mul- ţumiri Academiei Israeliene de Ştiinţe şi Umanism

1 *Ştiinţa de la Babilon încoace.*

2 Comportamentul uman şi principiul efortului minim.

3 Creştere şi formă.

 şi editurii „Columbia University Press“ pentru permisiunea de a le publica în cadrul lucrării de faţă.

Capitolul 5 a fost publicat iniţial în „Proceedings of the Israel Academy of Sociences and Humanities“ (voi. IV, nr. 6/1969), iar capitolul 6 a fost reprodus din „Joumeys in Science: Small Steps-Great Strides“, editura „David L. Arm, The University of New Mexico Press“, 1967.

How big are you, baby? Why, don't you know, You're only so big,
And there is still room to grow

(NURSERY RHYME

Copile, cit te-ai învăţat?
Cum, nu ştii oare,
Că eşti în ani atît de-naintat, Incit să creşti abia acum începi

(VERSURI PENTRU COPII)

(1)

Prolog la o ştiinţă a ştiinţei

In timpul unei întruniri la care un număr de mari fizicieni urmau să prezinte dări de seamă inedite asupra descoperirilor lor epocale, preşedintele a deschis şedinţa cu remarca: „Astăzi avem privilegiul să stăm alături de uriaşii pe ai căror umeri sîntem aşezaţi[ui]. Această remarcă exemplifică pe scurt particularitatea ştiinţei de a fi actuală[II] [III], recunoaşterea faptului că o proporţie atît de mare a tot ce este ştiinţă şi care a existat vreodată există astăzi şi este prezentă în memoria oamenilor încă în viaţă. Cu alte cuvinte, în

II Gerald Holton, *On the recent post of physics* (Cu privire la trecutul recent al fizicii) în „American Journal of Physics[14], 29 (decembrie 1961), p. 805. Doresc să atrag atenţia asupra studiului remarcabil publicat în timp ce se elabora această lucrare: Gerald Holton, *Models for Understanding the Growth and Excellence of Scientific Research* (Modele pentru înţelegerea creşterii şi perfecţiunii cercetării ştiinţifice), în ediţiile S. R. Graubard şi G. Holton, *Excellence and Leader- ship in a Democracy* (Perfecţiunea şi conducerea într-o democraţie) New York, Columbia University Press, 1962, pp. 94—131, iniţial publicată sub titlul *Scientific Research and Scholarship, Notes towards the Design of Proper Scales* (Cercetare ştiinţifică şi erudiţie: note pentru proiectarea unor scale adecvate), în „Proceedings of the American Academy of Arts and Scien- ces“ 91 (nr. 2), pp. 362—99 (Daedalus, martie 1962). în lucrare folosesc mult această ultimă publicaţie, deşi autorul său şi cu mine nu sîntem întotdeauna cu totul de acord cu privire la concluziile pe care le tragem din datele statistice.

III In original se foloseşte termenul „immediacy[14]. *(N. T,).*

cadrul oricărei definiţii rezonabile a omului de ştiinţă, se poate spune că 80 pînă la 90 la sută din toţi oamenii de ştiinţă, care au trăit vreodată, sînt în viaţă şi în prezent. Sau, altfel spus, orice om de ştiinţă tînăr care îşi începe activitatea acum şi care la capătul carierei sale va privi în urmă de-a lungul unei durate normale de viaţă, va descoperi că 80 pînă la 90 la sută din întreaga muncă ştiinţifică realizată pînă la sfîr- şitul acestei durate va fi avut loc sub propriii săi ochi şi că numai 10 pînă la 20 la sută va fi fost anterioară propriei sale experienţe.

Această ,,imediatitate“ este o caracteristică atît de puternică şi dominantă a ştiinţei, încît ea se găseşte la rădăcina multor atitudini adoptate de oamenii de ştiinţă şi de profani faţă de ştiinţa modernă. Această caracteristică este aceea care face ca ştiinţa să pară esenţialmente modernă şi contemporană. In calitatea mea de istoric al ştiinţei, constat că an de an duc o luptă pentru a justifica şi a susţine practica consacrării a mai mult de jumătate din timpul nostru perioadei anterioare lui Newton, în timp ce orice om de ştiinţă contemporan ştie că ceea ce contează cu adevărat este ştiinţa de la Einstein încoace.

Dat fiind că ştiinţa de care dispunem în prezent depăşeşte atît de mult tot ce a avut loc în trecut, evident am intrat într-o nouă epocă, care a fost curăţită de toate tradiţiile, cu excepţia tradiţiilor fundamentale ale epocii vechi. Nu numai că manifestările aparaturii ştiinţifice moderne sînt atît de monumentale încît ele au fost comparate, pe drept cuvînt, cu piramidele Egiptului şi cu marile catedrale ale Europei medievale, dar cheltuielile naţionale de forţă de muncă şi fondurile destinate ştiinţei au transformat-o dintr-o dată într-un segment major al economiei noastre naţionale. Carac-

teristica dimensiunii mari a ştiinţei moderne — nouă, strălucitoare şi atotputernică — este atît de evidentă încît pentru descrierea ei s-a făurit termenul fericit de „Ştiinţă mare“[IV]. *Ştiinţa mare* este atît de nouă încît mulţi dintre noi îşi pot aminti de începuturile ei. *Ştiinţa mare* este atît de întinsă încît mulţi dintre noi încep să fie îngrijoraţi, chiar numai de masa monstrului pe care l-au creat. *Ştiinţa mare* este atît de deosebită de starea anterioară a lucrurilor încît putem privi în urmă, poate nostalgic, către *Ştiinţa mică,* care constituia în trecut modul nostru de viaţă.

Pentru a înţelege modul în care trebuie să trăim şi să muncim în epoca de curînd născută, este limpede că trebuie să apreciem natura tranziţiei de la *Ştiinţa mică* la *Ştiinţa mare.* Este prea uşor să dramatizăm schimbările şi să observăm deosebirile cu o naivitate nepăsătoare. Dar cît de adevărată este imaginea *Omului de Ştiinţă mică,* care este înfăţişat ca un geniu singuratic cu plete lungi, care se trudeşte într-o încăpere de lucru de la mansardă sau de la subsol, este dispreţuit de societate ca un nonconformist şi trăieşte într-o stare de cvasisărăcie, însufleţit de flacăra lui lăuntrică? Şi ce putem spune de imaginea corespunzătoare a *Omului de Ştiinţă mare?* Nu este el oare cinstit la Washington, căutat de toate asociaţiile de cercetare

IVAlvin M. Weinberg, *Impact of Large-Scale Science on the United States* (Impactul ştiinţei pe scară largă asupra Statelor Unite) în „Science" 134, 21 iulie 1961, p. 164. Datorez multe idei articolului susmenţionat. A se urmări şi alte comentarii ale lui Weinberg în *The Federal Laboratories and Science Education* (Laboratoarele federale şi învăţămîntul ştiinţific), „Science", 136, 6 aprilie 1962, p. 27.

situate pe „Boston ring road“[V], nu face el parte dintr-o fraternitate a unei elite intelectuale de colaboratori influenţînd destinele politice, precum şi pe cele tehnologice? Şi care a fost temeiul acestei schimbări — a fost oare o reacţie publică promptă faţă de prima explozie atomică şi faţă de primele şocuri resimţite de naţiune din cauza rachetelor militare şi a sateliţilor? S-au întîmplat oare toate acestea atît de repede, fără a avea rădăcini istorice, mai adinei în timp decît Proiectul Manhattan[VI], rachetele de la Cape Canaveral, descoperirea penicilinei, invenţia radarului şi a calculatoarelor electronice?

Cred că la toate aceste întrebări se poate răspunde cu un *Nu* categoric. Imaginile sînt concepute prea naiv, iar tranziţia de la *Ştiinţa mică* la *Ştiinţa mare* a fost mai puţin dramatică şi mai treptată decît s-ar părea la prima vedere. în tot cazul, este limpede ca *Ştiinţa mică* conţinea multe elemente ale „grandiosului[11]. Şi este probabil că *marea Ştiinţă* modernă conţine, dosite în unghere academice, fapte nebăgate în seamă ale unor pionieri necunoscuţi, care constituie direcţii de cercetări, ce vor fi de importanţă hotărîtoare în jurul anului 1975. Este o rară excepţie — şi nu regulă — ca descoperirile epocale să fie anunţate la naşterea lor ca o operă importantă efectuată de oameni importanţi.

Istoria a înregistrat numeroase eforturi naţionale importante: marile observatoare, ca observatorul lui Ulugh Beg din Samarkand în secolul al cincisprezecelea, al lui Tycho Brache de pe insula Hven în secolul al şaisprezecelea şi al lui Jai Singh din India în secolul al şaptesprezecelea, fiecare dintre ele

V Şoseaua circulară din Boston *(N.* T.).

VI[6] Proiectul Manhattan a fost denumirea codificată a fabricării primei bombe atomice *(N.* T.).

absorbind o fracţiune destul de mare din resursele disponibile ale naţiunilor respective. Ca eforturi internaţionale pot fi semnalate expediţiile gigantice ale secolului al optsprezecelea pentru observaţiile trecerilor planetei Venus. Iar ea aparatură pe scară mare au existat maşinile electrice uriaşe produse mai ales în Olanda, în secolul al optsprezecelea, maşini care la timpul lor păreau că extind capacitatea ştiinţifico-tehnologică a omului pînă la ultima sa limită şi că îi conferă puterea de a fabrica forţele fizice cele mai extreme ale universului, rivali- zînd cu însuşi trăznetul şi în stare să furnizeze poate chiar o cheie pentru a descoperi natura materiei şi a vieţii însăşi. într-un anumit sens, visurile noastre cu privire la acceleratoarele modeme pălesc prin comparaţie.

Dar să nu ne lăsăm abătuţi din calea noastră de către istorie. Ceea ce ne va preocupa nu este atît de mult prezentarea de contraexemple pentru a arăta că uneori *Ştiinţa mică* a fost mare şi că *Ştiinţa mare* a fost mică, ci mai curînd demonstraţia că schimbările care au survenit au fost izbitor de treptate. In acest scop trebuie să începem analiza ştiinţei procedînd la măsurători şi în acest caz este chiar mai greu ca de obicei de a face asemenea determinări şi de a descoperi semnificaţia lor.

Punctul nostru de pornire îl vor constitui datele statistice empirice, extrase din numeroşi indicatori numerici din domeniile şi aspectele variate ale ştiinţei. Toate acestea arată cu o consecvenţă şi regularitate impresionante că dacă oricare sector suficient de mare al ştiinţei este măsurat în orice mod raţional, modul normal de creştere este exponenţial. Aceasta înseamnă că ştiinţa creşte cu dobîndă compusă, înmulţindu-se cu o anumită cantitate fixă în decursul unor perioade egale de timp. Matematic, legea creşterii exponenţiale

rezultă din condiţia simplă după care în orice moment rata creşterii este proporţională cu numărul populaţiei sau cu mărimea totală deja atinsă — cu cît un lucru este mai mare, cu atît el creşte mai repede. In această privinţă, această rată este conformă cu legea naturală comună a creşterii, care guvernează numărul de fiinţe umane în populaţia lumii sau a unei anumite ţări, numărul de drosofile care cresc în colonii în interiorul unei sticle, sau lungimea căilor ferate construite la începutul revoluţiei industriale.

S-ar părea, la prima vedere, că stabilirea unei asemenea legi empirice de creştere a ştiinţei nu este nici neaşteptată, nici semnificativă. Legea are totuşi mai multe aspecte demne de observat şi din care se pot deduce un număr de concluzii importante. Intr-adevăr, ea este atît de bogată în consecinţe, încît nu ezit să sugerez că ea este legea fundamentală a oricărei analize a ştiinţei.

Cea mai surprinzătoare şi semnificativă trăsătură a acesteia este că, spre deosebire de majoritatea operaţiilor de ajustare a curbelor, legea empirică se verifică cu mare exactitate de-a lungul unor lungi perioade de timp. Chiar în cazul unei alegeri oarecum neatente şi necritice a indicelui folosit ca măsură, nu este greu de demonstrat că creşterea exponenţială generală s-a menţinut timp de două sau trei secole. De aceea, deşi în această etapă legea nu este decît empirică, ea are o poziţie categoric mai însemnată decît obişnuitele serii economice cronologice pe termen scurt. Aceasta ne conduce la ipoteza justificată că legea este mai mult decît empirică şi că, folosind definiţiile adecvate indicilor care cresc exponenţial, se poate arăta, după cum o vom face mai tîrziu, că există o bază teoretică raţională pentru o asemenea lege.

A doua trăsătură importantă a creşterii ştiinţei este rapiditatea ei surprinzătoare, independent de modul în care această creştere este măsurată. O creştere exponenţială este caracterizată în condiţii optime prin stabilirea timpului necesar pentru dublarea volumului sau pentru o creştere înzecită[VII]. Volumul brut al ştiinţei, exprimat în forţă de muncă ştiinţifică sau în numărul publicaţiilor, tinde să se dubleze în 10 pînă la 15 ani, în funcţie de elementul ce se măsoară sau de modul în care se face măsurătoarea. Perioada de 10 ani rezultă din acele măsurători globale, care nu fac deosebire între lucrările de calitate slabă şi cele de nivel înalt, dar care adoptă o definiţie fundamentală, minimală a ştiinţei; perioada de 15 ani rezultă dintr-o operaţie mai selectivă, care ţine seamă de o definiţie mai riguroasă atît a lucrărilor ştiinţifice publicate cît şi a autorilor unor asemenea lucrări. Dacă această rigurozitate este sporită astfel încît se iau în consideraţie numai lucrările ştiinţifice de nivel foarte înalt, atunci perioada de dublare se prelungeşte, astfel încît ea se apropie de aproximativ 20 de ani. Enumerarea ce urmează înfăţişează ordinul de mărime a unui ansamblu de perioade de dublare, ce pot fi măsurate şi evaluate şi arată viteza cu care creşterea ştiinţei şi a tehnologiei depăşeşte pe aceea a populaţiei şi a instituţiilor noastre nonştiinţifice.

100 de ani

Aricole-titlu din dicţionarele biografice naţionale

50 de ani

Forţa de muncă

VII Este destul de uşor să se facă trecerea de la una la cealaltă dacă se ţine seamă că, în mod aproximativ, 10 perioade de dublare corespund unui factor de 1024, sau cu circa 3 perioade de creştere înzecită.

Populaţia
Numărul universităţilor

20 de ani

Produsul naţional brut
Descoperirile importante
Fizicieni importanţi
Numărul elementelor chimice cunoscute
Precizia instrumentelor
Studenţi înscrişi în colegii la o mie de locuitori

15 ani

Titraţi în litere, titraţi în ştiinţe
Reviste ştiinţifice
Numărul membrilor institutelor ştiinţifice
Numărul compuşilor chimici cunoscuţi
Numărul de rezumate ştiinţifice în toate domeniile

10 ani

Numărul asteroizilor cunoscuţi
Literatura teoriei determinanţilor
Literatura de geometrie neeuclidiană
Literatura razelor X
Literatura de psihologie experimentală
Numărul de telefoane în Statele Unite
Numărul inginerilor în Statele Unite
Viteza transporturilor Kilowatt-ore de electricitate

5 *ani*

Numărul convorbirilor telefonice externe
Permeabilitatea magnetică a fierului

1 i/$_2$ *ani*

Milioane de electronvolţi ai acceleratoarelor

Ţinînd seamă de perioada lungă de valabilitate a creşterii exponenţiale, să notăm că o perioadă de dublare de 15 ani extinsă pe trei secole de creştere corespunde cu ridicarea cifrei doi la puterea 20 sau cu un factor de aproximativ un milion. Astfel, în intervalul de la 1600 şi pînă în zilele noastre, creşterea unor asemenea indici ai volumului ştiinţei ar fi trebuit să fie de ordinul unui milion. Pentru a oferi cea mai serioasă explicaţie a revoluţiei ştiinţifice şi industriale, trebuie să admitem că aceasta s-a întîmplat într-adevăr.

Curînd după 1660, au fost înfiinţate primele asociaţii ştiinţifice care corespund tradiţiei moderne; acestea au fondat primele periodice ştiinţifice, iar oamenii de ştiinţă au început să scrie articole în locul cărţilor care pînă atunci fuseseră singurele lor producţii. In prezent, există o listă mondială de aproximativ 50 000 de periodice ştiinţifice (fig. 1) înfiinţate în decursul timpului, din care aproximativ 30 000 continuă a fi publicate şi astăzi; acestea au produs un total mondial de aproximativ şase milioane de articole ştiinţifice (fig. 2) ritmul lor de creştere fiind de cel puţin jumătate de milion anual[VIII]. în general, acelaşi lucru se aplică şi

VIII Pentru o expunere mai detaliată vezi Derek J. de Solia Price, *Science Since Babylon,* New Haven, Yale University Press, 1961, Capitolul 5.

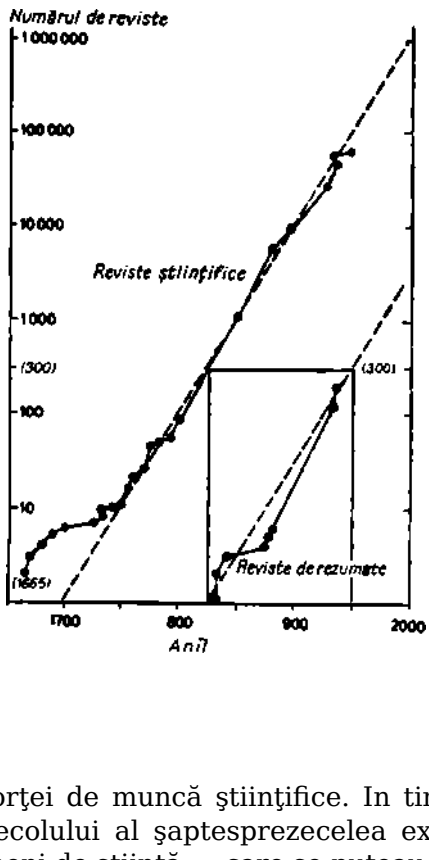


FIG. 1. NUMĂRUL TOTAL DE REVISTE ŞTIINŢIFICE ŞI DE REVISTE ŞTIINŢIFICE DE REZUMATE, ÎNFIINŢATE

De notat că revistele de rezumate încep să apară atunci dud numărul revistelor este de aproximativ 300. Cifrele din grafic arată numărul revistelor înfiinţate şi nu numai pe acelea care au supravieţuit; ele indică toate periodicile care au şi articole ştiinţifice, nu numai pe ele „strict ştiinţifice*'. în cadrul unei definiţii mal restrînse* cifrele absolute s-ar reduce cu un ordin de mărime, dar tendinţa generală rămlne constantă în cadrul tuturor definiţiilor. Din De r e k J. de S o 11a P r i'ce, *Scienca Since Babylon,* New Haven, Yale University Presa, 1961.

forţei de muncă ştiinţifice. In timp ce pe la jumătatea secolului al şaptesprezecelea existau numai cîţiva oameni de ştiinţă — care se puteau număra şi cunoaşte pe nume — actualmente există numai în Statele Unite o populaţie de ordinul milionului care posedă titluri ştiinţifice şi tehnice (fig. 3). Ceva mai mult, aceeaşi lege exponenţială este deplin valabilă pentru întreaga durată a acestei perioade. Milionul atins actualmente a rezultat din etapele intermediare de 100 000 în 1900, 10 000 în 1850 şi 1 000 în 1800. Numai în termeni de mărime, tranziţia de la *Ştiinţa mică* la *Ştiinţa mare* a fost constantă — sau cel puţin nu a avut decît fluctuaţii

periodice minore, asemănătoare celor de la

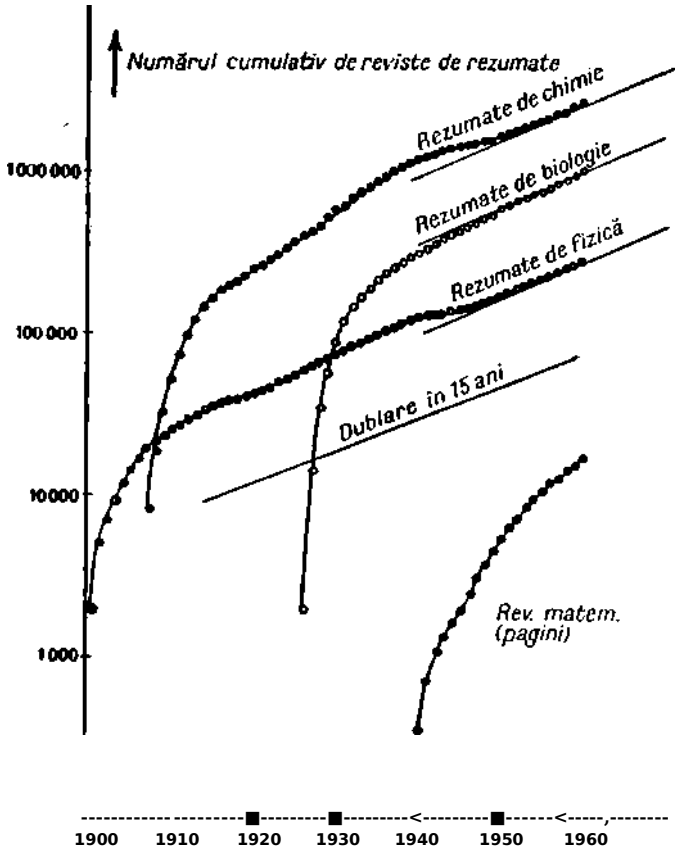


FIG. 2. NUMĂRUL CUMULATIV DE REZUMATE ÎN DIFERITELE DOMENII ŞTIINŢIFICE DE LA ÎNCEPUTUL PUBLICĂRII REZUMATELOR PÎNĂ LA DATA INDICATĂ

De notat că după o perioadă iniţiala de creştere rapidă, după care rata de creştere devine stabilă, numărul de rezumate creşte exponenţial, dublindu-se la aproximativ 15 ani.

bursă — şi a urmat o lege de creştere exponenţială a cărei rate de creştere în decursul timpului au fost indicate mai sus.

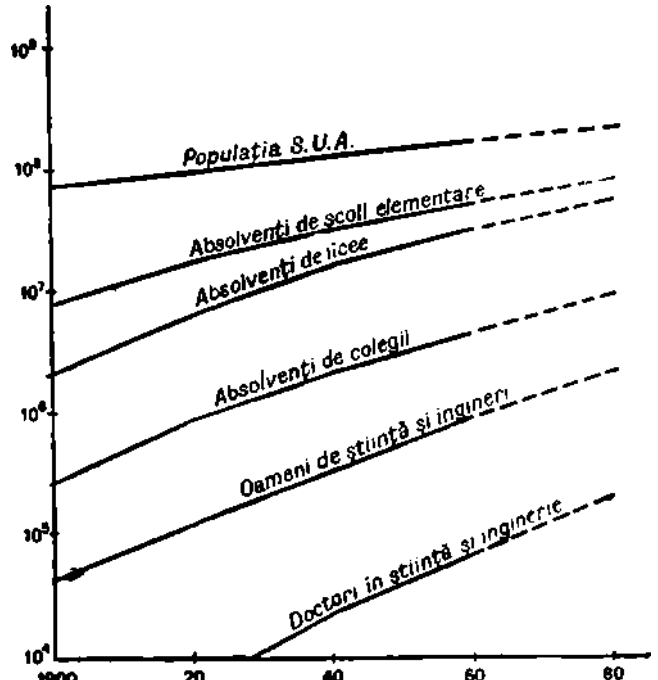


FIG. 3. CREŞTEREA FORŢEI DE MUNCĂ ŞTIINŢIFICE ŞI A TOTALULUI POPULAŢIEI ÎN STATELE UNITE

Se poate vedea că, cu dt este mal calificaţi forţa de munci, cu atlt este mal mare rata el de creştere. Se va observa de asemenea ci se manifestă o tendinţă clară a curbelor de a se îndrepta către o valoare plafon care este paralelă cu curba populaţiei.

Astfel, dublarea constantă în fiecare interval de aproximativ 15 ani, care ne^a adus la epoca ştiinţifică actuală, a produs acea caracteristică specială de actualitate, care ne îndreptăţeşte să afirmăm că o parte atît de mare din ştiinţă este recentă şi că atît de mulţi din practicienii ei sînt în viaţă. Pornind de la legea potrivit căreia numărul de oameni de ştiinţă în viaţă se dublează, de pildă, în 15 ani, atunci în orice interval de 15 ani vor apărea tot atîţia oameni de ştiinţă cîţi au

existat în întregul interval de timp care a precedat Dar în orice moment coexistă un corp de oameni de ştiinţă, care a fost produs nu într-o perioadă de timp de 15 ani, ci de-a lungul unui interval de aproximativ 45 de ani, care separă data medie a sosirii pe frontul cercetării de data medie a retragerii din munca ştiinţifică. Astfel, pentru fiecare persoană născută înaintea unei asemenea perioade de 45 de ani, există cîte o persoană născută în prima perioadă de dublare, două persoane în a doua şi patru în a treia. Ca atare, aproximativ şapte oameni de ştiinţă sînt în viaţă pentru fiecare grupă de opt care au existat cîndva, adică o fracţiune de 87 $i/_2$ la sută, pe care propun s-o numim coeficient de actualitate. Acesta se poate calcula în mod exact prin folosirea tabelelor actuariale de mortalitate, dar în realitate rezultatul nu se schimbă mult prin aceasta, întrucît perioada de dublare a ştiinţei este cu mult mai mică decît media vieţii active a unui om de ştiinţă.

Pentru o perioadă de dublare de 10 ani, coeficientul de actualitate corespunzător este de circa 96 la sută, iar pentru o perioadă de dublare de 20 de ani, el este de circa 81 la sută. Astfel, chiar dacă s-ar admite numai forma generală a funcţiei creşterii şi ordinul de mărime a constantei sale de timp, acestea explică de ce avem sentimentul că majoritatea marilor oameni de ştiinţă se găseşte încă printre noi şi că cea mai mare parte a muncii ştiinţifice a fost produsă în perioada care este prezentă în memoria contemporanilor noştri, în cadrul duratei actualei generaţii de oameni de ştiinţă. Ceva mai mult, acest principiu poate fi întărit prin remarca că într-un moment situat între deceniul următor şi cel ce urmează acestuia se vor fi produs tot atîta muncă ştiinţifică şi tot atîţia oameni de ştiinţă cît în tot timpul scurs pînă în momentul de faţă.

Ceea ce am spus pînă acum este bine cunoscut şi în

bună măsură acceptat de aceia care fac speculaţii asupra ştiinţei, din plăcere sau din motive de politică înaltă. Aş dori, totuşi să extind aceste rezultate în aşa fel încît să pot sugera că acest punct de vedere necesită o revizuire. In primul rînd, exprimarea în termeni de „coeficient de actualitate'[1] ne poate induce în eroare. Să comparăm cifrele stabilite mai sus cu cifrele conjecturale pentru populaţia globului.

La începutul erei noastre, omenirea număra 250 de miloane de indivizi; ea a crescut încet şi în mod neconstant, în mod diferit în diferite locuri şi timpuri şi a atins cifra de 550 de milioane pe la mijlocul secolului al şaptesprezecelea. A continuat să crească într-un ritm în creştere continuă, astfel încît în prezent (1962 — *N. T.)* există 3 000 de milioane de oameni şi se pare că acest număr se va dubla la fiecare interval de 40—50 de ani. Dacă socotim aproximativ 20 de ani pentru o generaţie, trebuie să fi existat pînă în prezent cel puţin .60 000 milioane de oameni, astfel că oamenii în viaţă astăzi reprezintă aproximativ 5°/o din cei care au trăit de la începutul erei noastre. Dacă am socoti şi pe toţi aceia care au trăit înaintea erei noastre, fracţia va fi şi mai mică; dacă îi socotim numai pe aceia care au trăit de la mijlocul secolului al şaptesprezecelea încoace, ei vor reprezenta cu puţin peste 10 la sută. Nu cred că faptul de a ţine seama, în măsura cuvenită, de vâri' aţiile mortalităţii şi ale vîrstei de procreaţie poat< schimba substanţial rezultatul calitativ potrivit cărui: populaţia umană este departe de a fi „imediată" îr sensul în care este ştiinţa.

Chiar dacă acceptăm previziunile sumbre ale acelora care vorbesc despre problema gravă a exploziei de populaţie, va mai trece, după cît se pare, încă o jumătate de secol, înainte de a se putea pretinde că 50 la

sută din fiinţele omeneşti care au trăit pînă atunci sînt în acel moment în viaţă. Majoritatea persoanelor care au trăit cîndva sînt *moarte* şi dat fiind că această situaţie va continua, ele vor rămîne moarte. S-ar putea conchide, din moment ce rata de creştere a cuvintelor-titlu în marile dicţionare ale biografiilor naţionale indică o proporţie destul de constantă faţă de populaţia din diferitele epoci, că majoritatea persoanelor importante sau valoroase ale lumii sînt moarte. Acesta este motivul pentru care *istoria* este un subiect oarecum diferit de *istoria ştiinţei.* Dimensiunea trecutului asupra căruia stăruim este mult mai mare în măsura în care ne preocupă politica sau războaiele, decît în cazul în care ne preocupă ştiinţa.

O asemenea comparaţie este necesară cu privire la actualitatea ştiinţei, pentru a ne da seama că ea presupune o explozie a ştiinţei, care prin contrast reduce la dimensiuni de pigmeu explozia populaţiei şi de fapt orice altă explozie referitoare la creşterea umană nonştiinţifică. *Grosso modo,* fiecare dublare a [populaţiei a produs cel puţin trei dublări ale numărului oamenilor de ştiinţă, astfel că volumul ştiinţei a crescut de opt ori, iar numărul oamenilor de ştiinţă raportat la un milion locuitori a crescut de patru ori. Astfel, efortul depus de omenire în domeniul ştiinţei socotit pe locuitor, creşte mult mai repede decît populaţia.

O a doua clarificare de importanţă crucială trebuie tăcută cu privire la actualitatea şi la creşterea ştiinţei moderne. Am arătat mai sus că 80—90 la sută din actualitatea ştiinţei moderne este rezultatul direct al unei creşteri exponenţiale care a fost constantă şi consecventă în cursul unei perioade îndelungate. Urmează deci, că acest rezultat, adevărat în prezent, trebuie să fi fost adevărat în toate epocile anterioare, începînd cU secolul al optsprezecelea şi poate chiar cu secolul al

şaptesprezecelea. în 1900, în 1800 şi poate chiar în 1700 se putea privi în urmă şi afirma că majoritatea oamenilor de ştiinţă din cîţi au trăit vreodată erau şi atunci în viaţă şi că partea cea mai mare din cunoştinţele existente atunci fusese dobîndite în răstimpul de care oamenii în viaţă îşi aduceau aminte. în această privinţă, deşi această constatare pare surprinzătoare, lumea ştiinţifică nu se deosebeşte în prezent de ceea ce ea a fost întotdeauna, începînd cu secolul al şaptesprezecelea. Ştiinţa a fost întotdeauna modernă, a explodat întotdeauna în sînul populaţiei, a fost întotdeauna pe marginea revoluţiei sale expansive. Oamenii de ştiinţă s-au simţit întotdeauna că plutesc într-o mare de literatură ştiinţifică, care creştea în fiecare deceniu tot atît de mult cît ea crescuse în toate timpurile anterioare.

Nu este greu de găsit în istorie păreri autorizate cu privire la acest sentiment, care a existat în toate epocile. In secolul al nouăsprezecelea poate fi citat Charles Babbage în Anglia şi Nathaniel Bowditch în Statele Unite, care deplîngeau amarnic faptul că noua eră ştiinţifică, care deabia înflorise, era ignorată. în secolul al optsprezecelea s-au manifestat primele acţiuni timide de înfiinţare a unor reviste de specialitate şi de rezumate. într-o încercare zadarnică de a stăvili sau cel puţin de a raţionaliza fluxul crescînd al publicaţiilor; putem aminti pe Sir Humphrey Davy, care avea obiceiul să arunce cărţile după ce le citea, invocînc principiul că nimeni nu mai poate avea timpul sau prilejul să citească de două ori acelaşi lucru. Chiar în secolul al şaptesprezecelea, nu trebuie uitat că scopul care justifica apariţia publicaţiilor *Philosophical Transactions of the Royal Society* şi *Journal des Sşavans* nu era atît publicarea de articole ştiinţifice noi, cît urmărirea şi rezumarea publicaţiilor şi a scrierilor

savante, care erau prea numeroase pentru a permite unui om să le facă faţă în lectura şi corespondenţa sa zilnică®.

Principiul potrivit căruia peste 80 la sută din producţia ştiinţifică este contemporană este în mod evident suficient pentru a îndepărta orice idee naivă că simpla schimbare a proporţiilor ne-a condus de la *Ştiinţa mică* la *Ştiinţa mare.* Dacă urmează să distingem faza actuală ca ceva nou, ca ceva deosebit de concepţia familiară lui Maxwell, Franklin şi Newton despre o ştiinţă care deabia înmugurea, atunci nu ne putem sprijini numai pe ritmul de creştere: o ştiinţă care a progresat constant cu mai mult de cinci ordini de mărime, în decurs de peste 250 de ani nu este sensibilă la o modificare prin simpla adăogire a unui singur ordin de mărime, după cum ne-a fost dat să constatăm în decursul ultimelor cîtorva decenii ale secolului de faţă.

Ca un aspect secundar este de observat că acest fenomen de actualitate este tipic pentru numeroase alte constante din ştiinţă, ceea ce face ca cercetarea istoriei ştiinţei să fie semnificativă şi utilă, deşi cea

[8] O excelentă dare de seamă asupra naşterii revistelor ştiinţifice se găseşte în lucrarea lui David A. Kronick, *A History of Scientific and Technical Periodicals* (O istorie a periodicelor ştiinţifice şi tehnice), New York, Scarecrow Press, Inc., 1962.

mai mare parte a trecutului nostru este în viaţă. Ceea ce trebuie să facem cu privire la analizele umanistice şi ştiinţifice ale ştiinţei este să descoperim asemenea constante ale metodei ştiinţifice, ale reacţiei publicului, ale folosirii modelelor matematice, precum şi regulile de bază ale forţei de muncă şi ale motivaţiei şi să le aplicăm criticii şi înţelegerii noastre cu privire la această ştiinţă, care pare atît de esenţial modernă şi

lipsită de orice relaţie cu Arhimede sau Galileu sau Boyle sau Benjamin Franklin. Dacă îl cinstim pe un Boyle pentru legea sa, pe un Planck pentru constanta sa, aceasta este în mare măsură un cult întîmplător al eroilor; mult mai important pentru noi, decît numele acelora care şi-au creat un drept la nemurire, este faptul că ei au înfăptuit aceasta într-un fel care ilustrează remarcabil modul constat şi aparent etern în care se petrec aceste lucruri. Referirea la un exemplu mai vechi, ca acela al lui Galileu, văzut în toată perspectiva sa istorică, este în multe privinţe mult mai eficientă decît alegerea unui exemplu mai recent, cum ar fi cel al lui Oppenheimer, cu toate că Galileu nu ne poate spune nimic despre conţinutul fizicii moderne atomice, aşa cum o poate face Oppenheimer.

Revenind la ideea noastră principală, vom spune că dacă simpla creştere a ştiinţei în ascensiunea sa exponenţială *nu* este o explicaţie admisibilă pentru tranziţia de la *Ştiinţa mică* la *Ştiinţa mare,* atunci ne găsim într-un impas. Pentru a ieşi din el, am putea fi ispitiţi, în primul moment, să negăm că a survenit o asemenea transformare radicală în starea ştiinţei. Dar această atitudine este amplu desminţită de faptul că după al doilea război mondial am fost preocupaţi de problemele forţei de muncă ştiinţifice şi ale literaturii ştiinţifice, de cheltuielile publice şi de puterea militară, în moduri care par cu totul diferite, şi nu numai ca proporţii, de tot ce a fost înainte.

Chiar dacă se admite că survin fapte noi şi că *Ştiinţa mare* nu se deosebeşte de *Ştiinţa mică* numai ca proporţie, se poate totuşi afirma că ceea ce ne-a iniţiat în era nouă şi a produs toate schimbările majore au fost schimbările extrem de profunde datorate celui de-al doilea război mondial. Insă în mod cu totul neaşteptat, se poate arăta cu ajutorul studiilor statistice, de care

ne folosim pentru a măsura creşterea pură, că influenţa războiului asupra forţei de muncă ştiinţifice şi a literaturii ştiinţifice pare să fi fost numai de a produce o perturbaţie temporară, care s-a extins doar pe durata războiului.

Pentru acest interval nu este posibil să se folosească indicii, care puteau fi întrebuinţaţi înaintea războiului sau după acesta; forţa de muncă poate fi încorporată în serviciul militar, iar publicaţiile pot fi suprimate pentru păstrarea secretului. Totuşi este vădit, că după război creşterea exponenţială este identică cu creşterea anterioară (fig. 4). Aceasta este o constatare care se impune, întrucît ea arată că creşterea procentuală anuală este aceeaşi înainte şi după război şi că, prin urmare, dacă există o constantă cu privire la modul în care publicaţiile ştiinţifice generează noi publicaţii ştiinţifice, iar cercetătorii generează clase noi de cercetători, putem afirma că în cursul războiului nu a putut surveni o pierdere sau un cîştig mare pentru ştiinţă. Cu excepţia unei deplasări laterale a curbei, datorită pierderii determinate de păstrarea secretului, ştiinţa se află din punct de vedere statistic exact la punctul unde ar fi trebuit să se găsească şi ea creşte cu aceeaşi rată, ca şi cum războiul nu ar fi existat. Ar fi fost posibil ca ordinea evenimentelor să fie diferită,

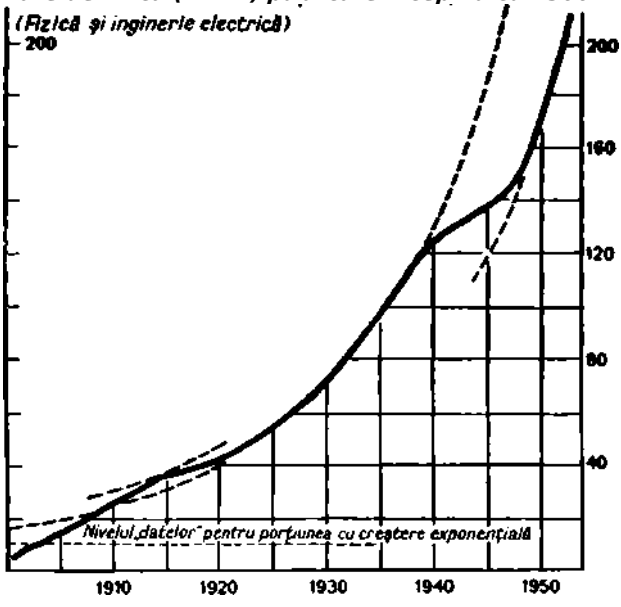


FIG. 4. NUMĂRUU TOTAL DE REZUMATE DE FIZICĂ PUBLICATE ÎNCEPÎND CU 1 IANUARIE 1900

Curba plină redă totalul, iar curba punctată reprezintă aproximaţia exponenţială. Curbele paralele servesc la ilustrarea efectelor războaielor. Din Derek J. de Solia Pt ice(*Science Since Bobylon,* New Haven, Yale University Press, 1961.

iar în linii mari şi implicaţiile politice să fie diferite, dar există unele motive pentru a considera această situaţie inevitabilă şi că era în natura lucrurilor ca laboratoarele de acceleratoare de particule să atingă mărimea celui de la Brookhaven şi instalaţiile de rachete pe aceea de la Cape Canaveral şi că, chiar dacă nu ar fi existat Proiectul Manhattan, ar fi existat totuşi un sputnik. Războiul se înfăţişează ca o piatră kilometrică enormă, dar care este aşezată lateral faţă de drumul drept al creşterii exponenţiale.

Şi atunci, dacă urmează să analizăm particularităţile

Ştiinţei mari, trebuie să căutăm tot ce constituie altceva decît progresul constant şi concomitent al tuturor indicilor ştiinţei prin ordine de mărime succesive. Cred că există două tipuri diferite de fenomene statistice generale ale ştiinţei în general. Pe de o parte, deşi avem imaginea totală a unei creşteri exponenţiale statornice — cu acea constantă de timp surprinzător de scurtă de aproximativ 15 ani — nu toate fenomenele cresc exact în conformitate cu această rată; unele cresc mai repede, altele sînt mai lente, dar toate depăşesc creşterea populaţiei. Pe de altă parte, există posibilitatea ca legea exponenţială a creşterii să fie la începutul declinului său.

Nu este exclus ca tradiţia de peste 250 de ani să reprezinte într-un fel epoca adolescenţei, în timpul căreia fiecare ştiinţă a crescut în fiecare jumătate de secol în mod disproporţionat, s-a înveşmîntat cu un rînd de haine noi şi era pregătită să crească din nou. Poate că în prezent a intervenit calmul perioadei ce urmează adolescenţei şi creşterea atît de exuberantă s-a încetinit şi este pe cale de a înceta o dată cu atingerea staturii adulte. La urma urmei, cinci ordine de mărime reprezintă o cantitate mare. Oamenii de ştiinţă şi inginerii reprezintă acum doi la sută din forţa de muncă a Statelor Unite, iar cheltuielile anuale pentru cercetare şi dezvoltare reprezintă aproape aceeaşi fracţiune din produsul naţional brut. Este limpede că acestea nu mai pot creşte cu încă două ordine de mărime, în felul în care au crescut în cursul ultimelor cinci. Dacă s-ar produce o astfel de creştere ar însemna că pentru fiecare bărbat, femeie, copil şi cîine să existe cîte doi oameni de ştiinţă şi că cheltuielile pe care ei le-ar necesita să atingă îndoitul sumelor de bani disponibile. Astfel, mai puţin de un secol ne desparte de ziua „judecăţii de apoi“ a ştiinţei. Problema creşterilor

potrivit unor rate diferite de rata fundamentală a creşterii exponenţiale va fi tratată mai departe în mod separat. Acest gen de creşteri vor fi considerate mai curînd ca distribuţii statistice, cu schimbări lente ale indicilor, decît ca rate separate de creştere. Astfel, de pildă, dacă numărul doctorilor în ştiinţă s-ar dubla la fiecare 15 ani, iar numărul celor remarcabili, numai la fiecare 20 de ani, atunci cota de doctori în ştiinţă pentru fiecare fizician remarcabil s-ar dubla numai la 60 de ani, ceea ce reprezintă o schimbare atît de lentă încît poate fi exclusă din explozia ştiinţifică. S-ar putea arăta, de asemenea, prin distribuţia statistică, că este raţional, pe consideraţii teoretice, să se presupună că perioada de dublare a unei mărimi ar putea fi un multiplu al perioadei aferente altui indice. Tratarea acestui subiect necesită însă o privire mai atentă asupra elementelor care sînt măsurate în realitate şi impune o amînare pînă după obţinerea şi a altor rezultate din studiul formei brute a creşterii exponenţiale.

Ceva mai mult, legea „normală“ de creştere de care ne-am ocupat pînă acum descrie de fapt o stare foarte anormală a evenimentelor. în lumea reală, lucrurile nu continuă să crească într-una pînă cînd ating infinitul. Dimpotrivă, creşterea exponenţială ajunge finalmente la o limită, cînd procesul trebuie să se încetinească şi să înceteze înainte de a atinge absurdul. Această funcţie mai realistă este şi ea bine cunoscută sub denumirea de curba logistică şi ea există în mai multe forme matematice uşor diferite unele de altele. Repet, în acest stadiu de ignoranţă a ştiinţei în domeniul analizei, nu interesează în mod special amănuntele matematice sau formularea precisă a măsurătorilor. Ca o primă aproximaţie

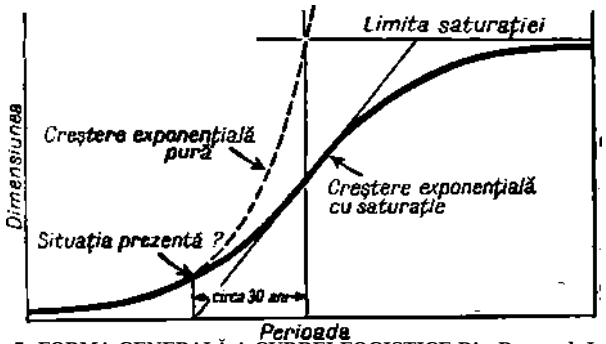


FIG. 5. FORMA GENERALĂ A CURBEI LOGISTICE Din D e r e k J. de Solia Price, *Science Sinet Babylon,* New Haven, Yale University Presa, 1961.

(sau mai exact o aproximaţie de ordinul zero) ne putem mărgini la examinarea tendinţei generale de creştere.

Curba logistică este limitată de un prag inferior — adică de valoarea de bază a indicelui de creştere, de obicei zero — şi de un plafon, care este valoarea ultimă a creşterii, dincolo de care ea nu mai poate înainta, în modul său obişnuit (fig. 5). Potrivit modelului său tipic, creşterea porneşte exponenţial şi menţine acest ritm pînă la un punct situat aproape la jumătatea drumului dintre prag şi plafon, unde se produce o inflexiune. După aceasta ritmul de creştere scade, astfel încît curba continuă spre plafon într-un mod simetric aceluia cu care a urcat de la pragul inferior pînă la punctul din mijloc. Această simetrie constituie o proprietate interesantă; rareori în natură pot fi găsite curbe logistice asimetrice care necesită mai mult de un singur parametru pentru descrierea lor. Natura pare a fi parcimonioasă cu parametrii săi de creştere.

Datorită simetriei atît de des întîlnită în curbele logistice care descriu creşterea organismelor naturale sau construite de om, măsurarea ştiinţei sau, de pildă, numărătoarea drosofilelor dintr-o sticlă, lăţimea curbei poate fi definită în mod simplu. Bineînţeles că din punct

de vedere matematic curba se extinde înspre infinit în ambele sensuri de-a lungul axei timpului. Din motive? de convenienţă se măsoară lăţimea regiunii mijlocii, intersectată de tangenta la punctul de inflexiune; această mărime corespunde cu distanţa dintre cuartilele unei curbe normale a erorilor sau cu integrala acesteia. Se poate arăta că această regiune de mijloc se extinde în mod necesar de ambele părţi ale centrului pe o distanţă egală cu circa trei perioade de dublare a creşterii exponenţiale.

Astfel, de pildă, dacă avem o tulpină de fasole care îşi dublează lungimea în fiecare zi, va exista o perioadă intermediară de aproximativ şase zile, în care timp tulpina de fasole va înceta creşterea sa juvenilă exponenţială şi va adopta cu privire la lungime (fig. 6) o viaţă adultă de

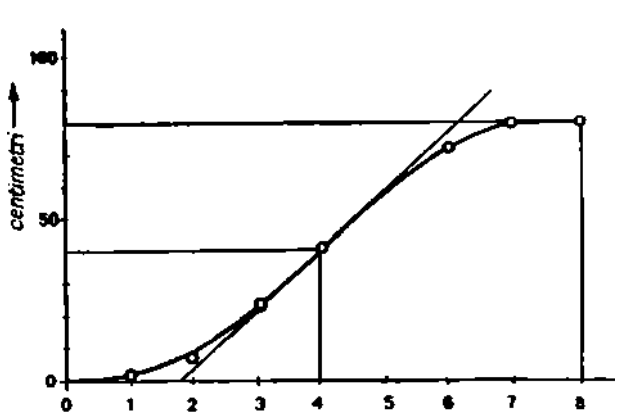


FIG. 6. CREŞTEREA ÎN LUNGIME A UNEI TULPINI DE FASOLE, ÎN FUNCŢIE'. DE VÎRSTĂ
Adaptat după D' Ar cy W. Thompson, *Gfowth and Form* (Creştere şi formă) Cambridge, England, Cambridge University Press, 1948, p. 116, fig. 20.

stabilitate. Singura problemă este aceea de a stabili durata permisă de creştere liberă şi exponenţială înainte de intervenţia perioadei de decelerare. în cazul

tulpinii de fasole, punctul mijlociu al creşterii este atins numai la aproximativ patru zile după începerea procesului, astfel că nu există decît o singură zi de creştere relativ liberă, iar lungimea finală este atinsă după şapte zile. Trebuie observat că această analiză nu implică cunoştinţe despre înălţimea curbei, de la prag la plafon. Este adevărat că s-a făcut o afirmaţie cu privire la data punctului mijlociu — care a fost atins după patru zile de creştere — dar s-ar fi putut tot atît de bine nota că creşterea exponenţială — în cazul de faţă de scurtă durată — să cuprindă numai prima zi, de unde ar fi urmat că un număr de alte trei dublări trebuia să aducă curba la punctul de mijloc, iar alte trei s-o ducă la îmbătrînire.

Or, fără a recurge la vreo altă presupunere cu implicaţii mai importante decît aceea pe care am făcut-o privitoare la creşterea exponenţială, care în trecut era regulată, avînd o perioadă de dublare de la 10 la 15 ani, putem deduce, aşa cum am făcut-o, că existenţa unui plafon este plauzibilă, căci altfel ar trebui să atingem condiţii absurde la sfîrşitul a încă unui secol. Dată fiind existenţa unei asemenea limite, trebuie să conchidem, că creşterea exponenţială nu este decît începutul unei curbe logistice sub altă formă. Ceva mai mult, se observă că de îndată ce intrăm în regiunea mijlocie în apropierea punctului de inflexiune — perioada de secesiune faţă de condiţiile obişnuite ale creşterii exponenţiale — se va scurge o perioadă de încă 30 pînă la 45 de ani pînă cînd să se ajungă la punctul mijlociu dintre prag şi plafon. Apoi, într-o perioadă de durată egală, curba va fi atins efectiv limita sa. Astfel, fără a ne referi la stadiul actual al lucrurilor sau la vreo apreciere a momentului şi a locului în care va trebui impus plafonul, este evident că de-a lungul perioadei unei generaţii umane ştiinţa va

suferi o pierdere a creşterii sale exponenţiale tradiţionale şi se va apropia de punctul critic, care marchează limita sa de senilitate.

Totuşi, creşterile care au fost mult timp exponenţiale nu par să se împace cu ideea de a fi nivelate. înainte de a atinge un punct mijlociu, ele încep să se răsucească şi să se învârtească, ca nişte spirite poznaşe, să-şi schimbe formele şi definiţiile pentru a nu fi exterminate la atingerea teribilului plafon (fig. 7). Sau, în termeni mai puţin antropomorfici, se instalează fenomenul cibernetic de „urmărire[119] şi curba începe să oscileze violent. Constrîngerea ca fenomen nou resimţit produce o acţiune de restabilire, dar creşterea restaurată depăşeşte la început cu mult ţinta, iar apoi se scufundă la o adîncime şi mai mare decît cea atinsă anterior. Dacă reacţia este reuşită, valoarea ei pare, de obicei, să rezide în transformarea în aşa mod a elementului de măsurat, încît acesta din urmă să capete noi puteri de viaţă şi să se înalţe cu o nouă vigoare pînă cînd, la urmă, îşi găseşte sfîrşitul (vezi fig. 7 c).

Se pot găsi deci două variante ale curbei logistice tradiţionale, care sînt mai frecvente decît simpla ogivă în formă de «S. în ambele cazuri, varianta intervine la un moment dat în cursul inflexiunii, probabil în momentul cînd privaţiunile datorite pierderii creşterii exponenţiale devin insuportabile. Dacă s-ar efectua o uşoară schimbare de definiţie a elementului care se

[9] Expresia folosită în original este „hunting“ = vînătoare, metaforă care se referă la zigzagurile pe care le face vînatul pentru a evita urmărirea. Vezi figura 7 c. (N, T.).

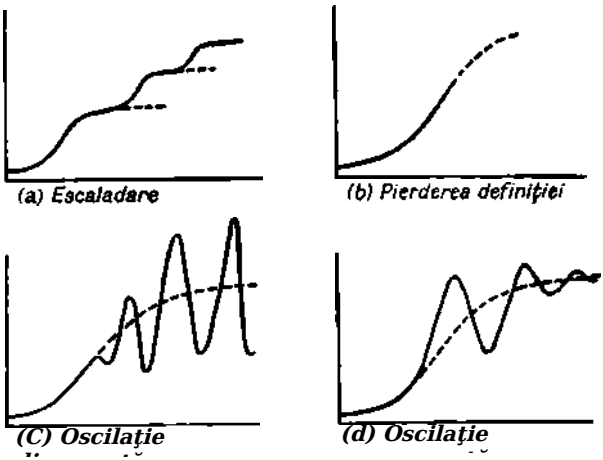
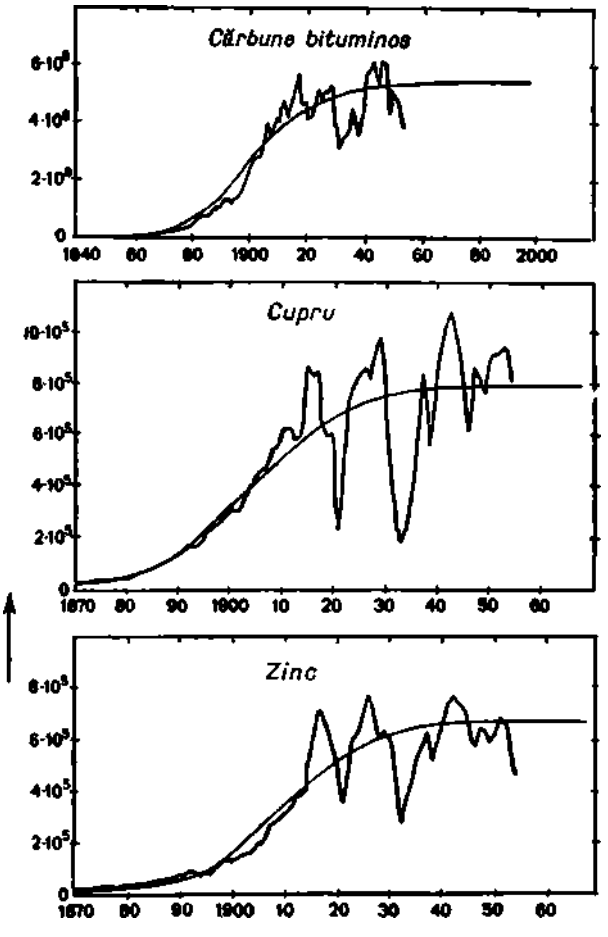


FIG. 7. MODURILE ÎN CARE CREŞTEREA LOGISTICĂ AR PUTEA REACŢIONA LA CONDIŢIILE PLAFONULUI La escaladare se nasc noi forme logistice pe măsura ce mor cele vechi; în cazurile de pierdere a definiţiei nu se «mi poate continua măsurarea variabilei In acelaşi mod sau In aceleaşi unităţi, iar In cursul oscilaţiei lor (convergente şi divergente) forţele cibernetice încearcă să restabilească creşterea liberă.

măsoară, într-un mod care să permită măsurarea unui fenomen nou în termeni egali cu aceia ai fenomenului vechi, atunci noua curbă logistică s-ar înălţa, ca şi pasărea phoenix din cenuşa celei vechi, fenomen care a fost recunoscut prima dată de către Holton şi care l-a denumit în mod fericit „escaladarea[11] (vezi fig. 7 a). Invers, dacă condiţiile schimbate nu admit o nouă creştere exponenţială, atunci vor exista fluctuaţii violente, care vor persista pînă cînd elementul statistic devine atît de vag definit încît să fie incomensurabil sau, în unele cazuri, fluctuaţiile scad în mod logaritmic către un maxim stabil (vezi fig. 7 c şi d). Cîte o dată poate urma, după atingerea maturităţii, chiar şi moartea, astfel încît în locul unui maxim stabil apare un declin lent care revine la zero, sau o schimbare bruscă de



definiţie, care face imposibilă măsurarea indicelui şi

care astfel aduce curba la un sfîrşit abrupt la mijlocul drumului (vezi fig. 7 b).

Curbele logistice de acest gen au devenit foarte cunoscute în numeroase analize de serii istorice cronologice, mai ales în cele referitoare la creşterea ştiinţei şi a tehnologiei. Curba simplă este bine ilustrată prin cazul începutului şi sfîrşitului folosirii unei linii de cale ferată; în acest caz maximul este urmat de un declin final cînd şinele sînt demontate şi liniile închise. Curba urmată de fluctuaţii de „urmărire[11] apare în figurile referitoare la producţia materiilor prime tehnologice, precum sînt cărbunele şi metalele (fig. 8)[IX X]. Curbele escaladate sînt probabil cele mai comune şi pot fi văzute în numărul de universităţi înfiinţate; fiecare din trepte reflectă aci admirabil diferitele tradiţii ale universităţilor medievale şi ale fundaţiilor Renaşterii (fig. 9).

Aceste curbe escaladate pot fi văzute şi în graficul devenit familiar, prezentat prima dată ca glumă de către Fermi[11] şi care indică puterea acceleratoarelor (fig.

IX S. G. L a s k y, *Mineral Industry Futures Can be Predicted* (Preţurile viitoare din industria de minereuri pot fi prezise), în „Engineering and Mining Journal“ 152 (august 1951), p. 60; 156 (septembrie 1955), p. 94.

X Creşterea exponenţială a acceleratoarelor a fost indicată pentru prima oară de către John P. Blewett într-un raport intern al Laboratorului naţional din Brookhaven, Departamentul Cosmotron (Internai Report of the Cosmotron Departament of Brookhaven Naţional Laboratory), redactat la 9 iunie 1950. Prima prezentare publică a acestui material a fost făcută de Fermi în discursul pronunţat, cu ocazia retragerii sale din funcţia de preşedinte, la American Physical Society, în sesiunea din ianuarie 1954. Figura 10 reprezintă o versiune ulterioară din M. S. Livingston şi J. P. Blewett, *Partide Accelerators* (Acceleratoare de particule), New York, Mc Graw- Hill Book Company Inc., 1962, p. 6.

10). Situaţia apare însă din ce în ce mai puţin umoristică pe măsură ce continuă predicţiile exacte, referitoare la momentul cînd devine necesar un nou progres major al metodei, pentru a se produce o nouă treaptă în escaladare.

Escaladări se mai pot constata şi în curba care indică, în funcţie de timp, numărul de elemente chimice cunoscute (fig. 11). Omiţînd primele zece, care au fost cunoscute omului preistoric, avem o creştere exponenţială constantă, care se dublează ceva mai repede decît în 20 de ani, urmată de un punct mijlociu în jurul anului 1807, pe vremea cînd Sir Humphrey Davy a atins apogeul său şi apoi de o perioadă de declin cînd au fost

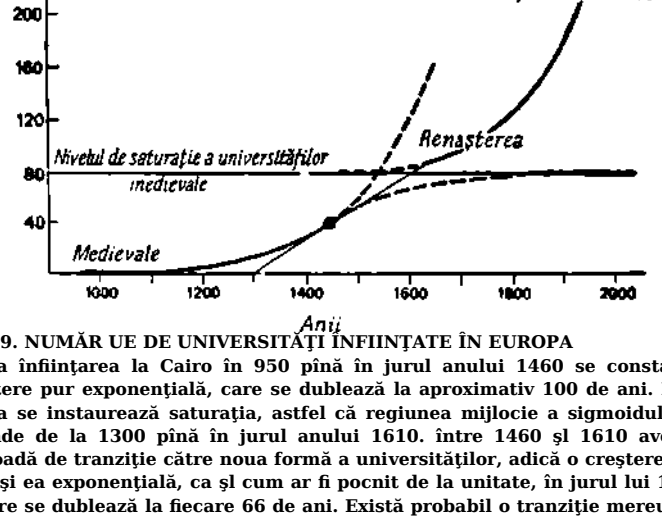


FIG. 9. NUMĂR UE DE UNIVERSITĂŢI ÎNFIINŢATE ÎN EUROPA

De la înfiinţarea la Cairo în 950 pînă în jurul anului 1460 se constată o creştere pur exponenţială, care se dublează la aproximativ 100 de ani. După aceea se instaurează saturaţia, astfel că regiunea mijlocie a sigmoidului se extinde de la 1300 pînă în jurul anului 1610. între 1460 şl 1610 avem o perioadă de tranziţie către noua formă a universităţilor, adică o creştere care este şi ea exponenţială, ca şl cum ar fi pocnit de la unitate, în jurul lui 1450, şl care se dublează la fiecare 66 de ani. Există probabil o tranziţie mereu mal pronunţată către o creştere şi mai rapidă, care a început la sfîr- şitul revoluţiei Industriale. Din Derek J. de Solia Price, *Scienct Since Babyton,*

New Haven, Yale Unlversity Presa, 1961.

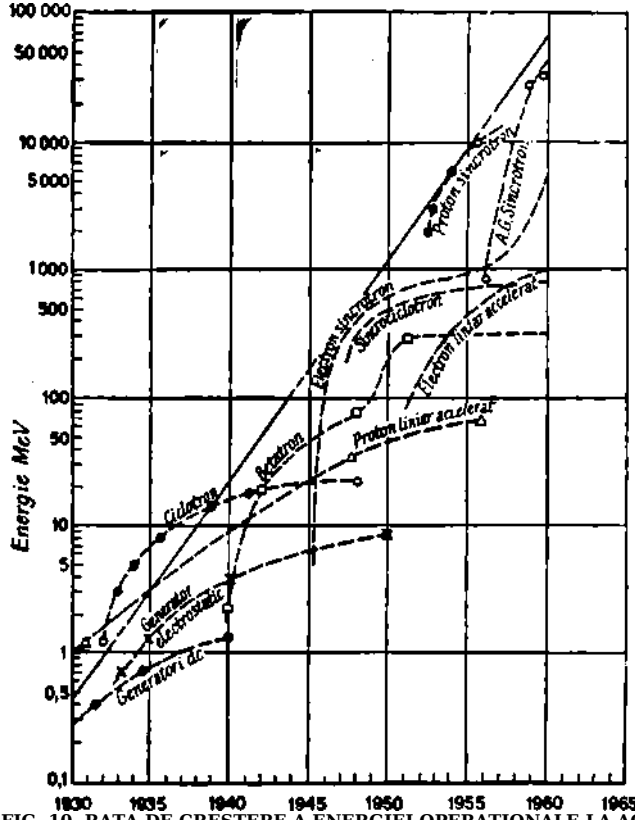


FIG. 10. RATA DE CREŞTERE A ENERGIEI OPERAŢIONALE LA ACCELERATOARELE DE PARTICULE

Folosită cu permisiune, din M. S. Livingston şi J. P. Blewtt, *Partide Accelaralors,* New York, McGraw-Hill Book Company, Inc., 1962, p. 6 fig. 1.1.

descoperite primele 60 de elemente. Către sfîrşitul secolului al nouăsprezecelea, cînd noi metode, mai mult fizice decît chimice, ne-au condus către noi clase de elemente, a apărut un nou grup de ogive, iar apoi s-a produs o oprire pînă cînd marile maşini au permis omului

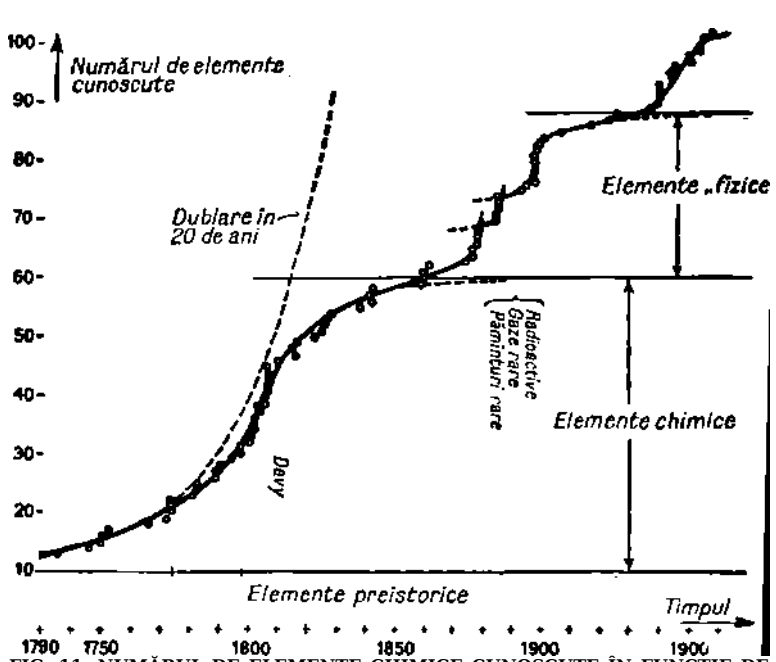


FIG. 11. NUMĂRUL DE ELEMENTE CHIMICE CUNOSCUTE ÎN FUNCŢIE DE DATĂ

Potrivit lucrării lui Davy exista un declin logistic evident, urmat de o serie de escaladări corespunzătoare descoperirii unor elemente prin tehnici care sînt în mod predominant din domeniul fizicii. în jurul anului 1950 a avut loc ultima escaladare produsă de fabricarea elementelor transuranice.

să creeze ultima grupă de elemente transuranice extrem de instabile şi cu existenţă de foarte scurtă durată.

Pe această bază sîntem conduşi să propunem o a doua lege fundamentală a analizei ştiinţei: toate legile aparent exponenţiale ale creşterii trebuie în ultimă instanţă să fie logistice, iar aceasta presupune o perioadă de criză, care se extinde de fiecare parte a datei care corespunde punctului de mijloc, pe un răstimp de aproximativ o generaţie. Rezultatul bătăliei, care se dă la punctul de la care nu mai există

reîntoarcere, nu poate fi decît o reorganizare completă sau o fluctuaţie violentă sau moartea variabilei în cauză.

Acum, cînd cunoaştem unele lucruri despre viaţa „matură[11], patologică a unei curbe logistice şi că aceste lucruri se petrec în practică în mai multe ramuri speciale ale ştiinţei şi tehnologiei, se poate relua problema curbei de creştere a ştiinţei ca un tot. S-a văzut că ştiinţa a avut o viaţă extraordinar de lungă de creştere pur exponenţială şi că, la un moment dat, această creştere a trebuit să intre în declin şi să fie urmată de un interval, avînd durata unei generaţii, de constrîngere crescîndă, susceptibilă de a-i încorda muşchii în vederea unui salt fie către o escaladare, fie spre o fluctuaţie violentă. Natura amănunţită a acestei schimbări, ca şi orice interpretare a acesteia, trebuie să depindă de ceea ce măsurăm şi de felul în care un asemenea indice este întocmit.

Chiar fără o asemenea definiţie şi analiză putem deduce imediat diversele caracteristici ale unei astfel de perioade. In mod evident va interveni o creştere rapidă a preocupărilor noastre privitoare la acele probleme ale forţei de muncă, literaturii şi cheltuielilor, care se cer soluţionate prin reorganizare. Apoi, acele schimbări, care se vor dovedi reuşite, vor deschide drumul spre o nouă escaladare de adaptare şi de creştere rapidă. Schimbările ineficiente sau care nu vor fi suficient de radicale pentru a produce o asemenea consecinţă vor conduce la o „urmărire[14] generatoare de fluctuaţii violente, care — probabil — pînă la urmă se vor nivela.

O asemenea analiză pare a presupune că starea denumită *Ştiinţă mare* marchează de fapt punctul de pornire a acelor condiţii noi care vor frînge tradiţia de secole şi care vor da naştere unor escaladări noi, unor

fluctuaţii violente, unor redefiniri ale termenilor de bază, precum şi ale tuturor celorlalte fenomene legate de limita superioară. Cred că într-un moment, încă nedeterminat, dar situat probabil în deceniile 1940/50 sau 1950/60, am trecut prin perioada mijlocie a creşterii logistice generale a corpului ştiinţei.

Astfel, deşi recunoaştem, ca urmare a discuţiei de pînă acum, că saturaţia este în ultimă instanţă inevitabilă, indicarea momentului şi a împrejurărilor cînd saturaţia va începe este legată de o foarte mare aproximaţie. Noi susţinem acum că este posibil ca saturaţia să fi început deja. Este posibil că această idee să pară stranie, într-un moment cînd se folosesc numai cîteva procente din forţa de muncă şi din fondurile naţionale, dar în capitolul următor va reieşi că aceste procente reduse reprezintă de fapt o apropiere de saturaţie şi o epuizare a resurselor, care au ajuns aproape (în limit» unui factor egal cu doi) de „fundul sacului[1]".

In tot cazul, apariţia de fenomene noi în întrepătrunderea ştiinţei cu societatea pare să indice un fenomen radical deosebit de creşterea constantă, care a fost caracteristică întregului trecut istoric. Era nouă indică toate sindroamele familiare ale saturaţiei. Trebuie să adaug că această opinie este mai curînd dătătoare de speranţă decît de desnădejde. Saturaţia rareori implică moartea, ci mai curînd înseamnă că ne aflăm la începutul unor tactici noi şi interesante referitoare la ştiinţă, care operează în virtutea unor reguli de bază cu totul noi.

Totuşi, aceasta reprezintă o problemă gravă, căci *Ştiinţa mare,* astfel interpretată, devine un interludiu supărător de scurt între secolele tradiţionale de *Ştiinţă mică* şi perioada imediat următoare tranziţiei. Dacă voim să ne exprimăm într-un stil ştiinţific cu privire la

ştiinţă şi să planificăm în consecinţă, va trebui să numim această perioadă care se apropie „Ştiinţă nouă[11] sau „Saturaţie stabilă[11], iar dacă nu nutrim asemene» speranţe, trebuie s-o numim senilitate.

Revenind la Galton

Francis Galton (1822—1911), al cărui bunic a fost Erasmus Darwin, a fost unul dintre spiritele cele mai multilaterale şi curioase ale secolului al nouăsprezecelea. El a introdus dactiloscopia la Scotland Yard, a înfiinţat „Societatea de Eugenie[11] (Eugenie Society), care a pledat pentru creşterea rasei umane pe principii raţionale, şi mai ales a iniţiat şi a impulsionat puternic ştiinţa geneticii matematice. F. Galton avea pasiunea de a număra orice lucru şi apoi de a-1 reduce la statistică. Acei care văd ştiinţele sociale ca un edificiu ce se înalţă pe fundamentul solid al unor măsurători cuantificate şi al teoriei matematice pot să-1 considere mai curînd pe Galton drept patronul lor, decît pe Sir Willian Petty, care, în mod obişnuit, esite considerat ca fiind primul care a introdus în secolul al şaptesprezecelea numerele în studiul despre oameni prin analiza registrelor de decese.

Pasiunea lui Galton ni se înfăţişează cred, cel mai bine, în două eseuri, care în prezent pot părea mai frivole, decît i s-au părut lui. In primul, el a calculat numărul suplimentar de ani de viaţă de care se bucură membrii familiei regale şi clerul datorită rugăciunilor ce se fac pentru ei de către cea mai mare parte a populaţiei; rezultatul a fost un număr negativ. In cel de al doilea, ca să nu se plictisească în timp ce poza unui pictor portretist, el a calculat în două ocazii diferite, numărul de aplicări de penel pe portret şi a aflat că ele se

ridică la circa 20 000, adică exact acelaşi număr, a

socotit el, ca şi cel al mişcărilor mîinii necesare pentru împle ti tul unei perechi de ciorapi[1].

Nu este însă cazul să se creadă că Galton era un excentric. Opera lui serioasă se ridică la cel mai înalt nivel de erudiţie şi importanţă, dar în prezent el este din ce în ce mai neglijat, fiindcă, deşi cercetările sale erau bazate pe teoria interesantă şi valabilă a lui Darwin despre evoluţie, Galton nu şi-a dat seama de mecanismul real al acţiunii genetice, care a fost descoperit de Mendel, rigurosul său contemporan. Mendel a publicat descoperirile sale cu exact cinci ani înaintea lucrării lui Galton despre „Geniul ereditar[112], dar el nu a fost descoperit de public decît atunci cînd Galton era în vîrstă de aproape 80 de ani.

Vom examina cartea acestuia, *Hereditary Genius, şi* cu o atenţie deosebită, studiul său special *English Men of Science* (Londra 1874). In aceste lucrări, Galton este în primul rînd preocupat de teza sa că oamenii mari, inclusiv oamenii de ştiinţă creatori, au caracteristica de a fi înrudiţi între ei şi că deci este posibil ca o serie de familii de elită să fi produs cea mai mare parte a oamenilor de stat remarcabili, a oamenilor de ştiinţă, a poeţilor, judecătorilor şi a comandanţilor militari din epoca sa şi din trecut. Opera sa principală este plină de capcane; în general nu ne interesează atît de mult abordarea galtoniană a geneticii, cît multiplele şi interesantele sale investigaţii secundare. Acestea sînt studiile sale de [XI] [XII] pionierat privitoare la distribuirea „calităţii[11]

XI Karl Pearson, *The Life,* Letters and Labours of Fran- cis Galton (Viaţa, corespondenţa şi lucrările lui Francis Galton), New York, Cambridge University Press, 1914—30 (vezi în special voi. III a, p. 125).

XII Francis Galton, *Hereditary Genius* (Geniul ereditar). Londra, 1869; retipărit de Meridian Books, 1962.

printre oamenii de ştiinţă distinşi, precum şi o serie de rezumate, pe care în zilele noastre ar trebui să le numim sociologice şi psihologice şi care ne spun unele lucruri despre caracteristicile acestor oameni excepţionali.

Ne propunem să examinăm aceste două mari linii în condiţiile secolului al douăzecilea şi ale extinderii în acest secol a operei lui Galton. Prima, care ne arată numărul de oameni sau publicaţii ştiinţifice sau lucrări de cercetare care există la fiecare din diferitele niveluri de calitate, este necesară pentru înţelegerea naturii calităţii ştiinţifice, iar această cunoaştere constituie o condiţie prealabilă pentru interpretarea numeroaselor măsurători diferite de indici, menţionate anterior în legătură cu legile de bază care guvernează ratele creşterii exponenţiale şi logistice ale ştiinţei. A doua, ne va ajuta să formulăm reguli de bază cu privire la ceea ce trebuie să ne aşteptăm de la oamenii de ştiinţă, atunci cînd modificarea condiţiilor, provocată de *Ştiinţa mare* sau de Ştiinţa de saturaţie, produce o schimbare a condiţiilor lor faţă de cele cunoscute în trecut.

Galton a început prin a evalua cît de rare erau în Anglia din epoca sa diferitele tipuri de oameni care activau în general în domeniul problemelor umane şi în particular în ştiinţă, oameni care reprezentau diverse grade de eminenţă; folosindu-se de criteriul după care un om era eminent dacă numele lui figura în scurta compilaţie biografică a celor „2 500 Oameni ai timpului“, care se publicase tocmai atunci, sau în coloanele speciale de necrologuri ale ziarului *The Times,* el a descoperit că aceste manifestări de consideraţie aveau o incidenţă de aproximativ o persoană la 2 000 bărbaţi adulţi sau de o persoană la 20 000 locuitori, ceea ce reprezintă un număr infim al oamenilor în viaţă în orice epocă, în Anglia.

Pentru oamenii de ştiinţă eminenţi el a aplicat o normă potrivit căreia ei trebuiau nu numai să fie membri ai Societăţii Regale — o cinste însemnată după reformele efectuate cu aproximativ treizeci de ani în urmă, privitoare la alegerea acestora sub Dl. Justice Groves, — ci să se fi distins şi prin ocuparea unei catedre universitare, printr-o medalie acordată de o societate savantă sau printr-o funcţie deţinută într-o asemenea societate; în sfîrşit, prin calitatea de membru al unui club de elită de nivel academic.

Numărul persoanelor pentru care el ar fi putut obţine toate informaţiile biografice dorite era de 180 şi el aprecia că în întreaga Anglie ar fi existat cel mult 300 asemenea persoane.

Ţinînd seama că jumătate dintre ele erau între vîrsta de 50 şi 65 de ani, el a calculat că şansa ca cineva să ajungă la o asemenea situaţie înaltă era de 1 la 10 000 de bărbaţi adulţi din această grupă de vîrstă, o cifră care corespunde aproximativ la 1 la 100 000 din totalul populaţiei. Dat fiind însă că listele biografice generale arată că numai circa 1 din 10 oameni eminenţi activa în ştiinţă sau în medicină, urmează că, potrivit criteriilor sale anterioare, nu putea exista decît aproximativ un singur om de ştiinţă eminent la 200 000 de locuitori. Faptul că Galton presupune că a existat un număr îndoit înseamnă că el era în eroare, fiind prea generos atunci cînd evalua numărul de oameni de ştiinţă remarcabili, care ar fi trebuit să figureze pe lista sa şi care totuşi nu figurau, sau că există tendinţa de a arunca o plasă mai mare atunci cînd se caută oameni mari de ştiinţă, decît atunci cînd se caută oameni mari în general.

Utilitatea acestei investigaţii constă în aceea că ne oferă o evaluare a numărului personalităţilor ştiinţifice, pe care Galton le considera destul de importante ca să

merite să fie discutate, dar fără a limita sfera de cuprindere la un grup atît de restrîns încît cercetătorul să nu aibă altă alegere decît aceea de a face generalizări pornind doar de la o mînă de oameni de geniu. Astfel, această categorie cuprinde numai între 5 şi 10 persoane la un milion. Cum se prezintă această situaţie în comparaţie cu aceea din epoca de la Galton încoace?

Din fericire există o admirabilă monografie biografică, *American men oj science,* din care au apărut 10 ediţii între 1903 şi 1960. Editorul, J. M. Keen Cattell (el însuşi un psiholog proeminent), a adus servicii deosebite prin faptul că a marcat cu un asterisc numele cele mai vrednice de notat, iniţial în număr de 1 000, care s-au înmulţit pe măsura apariţiei fiecărei ediţii noi[XIII]. Intîmplarea face, ca în prima ediţie numele marcate cu o steluţă să fie de circa 1 la un milion din populaţia Statelor Unite, pentru ca în volumul din 1938 proporţia să fie de 12,4 la un milion, şi ca ambele cifre să fie de acelaşi ordin de mărime ca acela găsit de Galton. Desigur se pare că nu s-a produs vreo schimbare considerabilă în numărul de oameni de ştiinţă „eminenţi" raportat la un milion de locuitori, fie că deplasăm terenul de investigaţie din Marea Britanie în Statele Unite, fie că îl cercetăm de-a lungul perioadei în care a intervenit aproape o dublare a populaţiei Statelor Unite. S-ar putea susţine că normele distinctive ale lui Galton nu sînt aceleaşi cu cele ale lui Cattell. S-ar putea chiar susţine, şi cu mai mare dreptate, că stabilirea arbitrară de către Cattell a unei cote iniţiale rigide de 1 000 asteriscuri la care s-a adăugat ulterior un spor fix

XIII Aci şi mai departe ne-am folosit într-o mare măsură de ampla analiză din lucrarea lui S. S. Visher, *Scientista Starred 1903—1943* (Oameni de ştiinţă marcaţi cu un asterisc), în „American Men of Science", Baltimore, The Johns Hopkins Press, 1947.

era poate cu totul disproporţionată faţă de o normă constantă de ,,eminenţă“. în ciuda acestui fapt, nu se pot descoperi schimbări rapide în această incidenţă estimată a „eminenţei[11] ştiinţifice.

Dacă în studierea lucrării *American Men of Science* nu ne oprim numai la numele marcate cu un asterisc, ci la toate numele pe care ea le cuprinde, observăm o schimbare foarte izbitoare a ordinului de mărime, o dată cu scurgerea timpului (tabelul 1). O singură privire asupra celor 10 ediţii aşezate pe raft este suficientă să ne impună pe loc respectul faţă de puterea creşterii exponenţiale.

Tabelul 1

NUMARUE DE OAMENI CITAŢI ÎN EDIŢIILE LUCRĂRII **„AMERICAN MEN OF SCIENCE"**

A nul publicării	***Numărul oamenilor de ştiinţă***	***Numărul raportat la un milion din populaţia S.U.A.***
1903	4 000	50
1910	5 500	60
1921	9 500	90
1928	13 500	110
1933	22 000	175
1938	28 000	220
1944	34 000	240
1948	50 000	340
1955	74 000	440
1960	96 000	480

(fără ştiinţele sociale)

Este evident că în răstimpul ultimilor 50 de ani numărul oamenilor de ştiinţă a crescut de şaisprezece ori, ceea ce reprezintă o creştere exponenţială cu o perioadă de dublare de circa 12 i/$_2$ ani, cifră care a fost deja indicată ca fiind tipică pentru creşterea ştiinţei. Chiar în raport cu mărimea populaţiei totale, se poate vedea că în aceeaşi jumătate de secol s-a înmulţit densitatea oamenilor de ştiinţă cu un factor de opt,

reprezentînd o dublare în circa 17 ani. în decursul a încă patru semicentenare o asemenea creştere regulată ne-ar duce la cifra de peste două milioane de oameni de ştiinţă americani la fiecare milion de locuitori, dacă n-ar fi faptul că creşterile exponenţiale, în mod inevitabil, devin logistice şi apoi mor.

S-a arătat mai sus că, din pricina acestui mecanism logistic, perspectiva pentru viitorul imediat este mai interesantă decît aceea a unei morţi lente prin sufocare în anul 2160. Se pare că numai cîteva decenii ne despart de criza care ne aşteaptă şi că ea se arată a fi mai mult legată de natura creşterii decît de epuizarea întregii populaţii. Prezintă deci un oarecare interes cercetarea raţiunii pentru care, în ciuda acestei creşteri rapide exponenţiale a forţei de muncă ştiinţifice — şi incidental a publicaţiilor şi a bugetelor lor, — numărul oamenilor cu adevărat mari nu pare să se modifice cu aceeaşi viteză exuberantă.

Rădăcina răului, după cum bine a observat Galton, rezidă în greutatea stabilirii oricărei norme obiective de eminenţă, care să nu depindă de timp. Este uşor de observat, că tot ce s-a spus înseamnă că atunci cînd oamenii sînt aleşi pe baza unor grade de selectivitate de ordinul a 10 dintr-un milion ei devin remarcabili în măsura dată de această normă. Aceeaşi problemă apare în evaluările cele mai recente ale populaţiei cu talente deosebite, pe baza testelor de inteligenţă. De pildă, se poate spune că într-un test de tipul A.G.C.T. *(Arrny General Classtfication Test)* numai un om la 10 000 din grupa de vîrstă respectivă poate întruni mai mult de 170 de puncte, unul la 100 000 mai mult de 180, unul la 1 000 000 mai mult de 190 şi aşa mai departe, crescând cu un ordin de mărime pentru fiecare 10 (mai precis 11) puncte cu care se înalţă ştacheta. Dar nu se poate afirma în mod util că eminenţa începe de la obţinerea a 172 de puncte şi nu

a unui punctaj inferior. Chiar dacă geniul s-ar rezuma la o chestiune de talent, prin testele menţionate nu poate fi vorba de o demarcaţie netă, ci numai de o eliminare treptată a populaţiei pe măsură ce normele cresc. Deficienţa nu constă atît în definirea a ceea ce constituie capacitatea ştiinţifică, cît în premisa falsă că distincţia sau geniul pot fi recunoscute pe o bază de ,,da sau nu".

Se pot obţine rezultate mai precise, deşi nu cu mult mai precise, prin luarea în considerare a unui grup rezonabil de mic, fie de oameni care sînt trecuţi în tabele, fie de descoperiri sau chiar de instituţii ştiinţifice, de reviste şi ţări şi prin însemnarea într-un mod special a acelora care au primit distincţii. Cu privire la oamenii eminenţi, de pildă, se pot folosi drept criterii alegerea lor pentru a fi solicitaţi să ţină conferinţe, pentru a primi medalii şi alte premii, cum ar fi premiul Nobel. Aceasta ne oferă ritmul obişnuit al creşterii exponenţiale, dar eu o perioadă de dublare considerabil mai lungă decît 10 ani. De exemplu, pentru un grup select, aparent superior de oameni de ştiinţă moderni din orice domeniu mai larg, grup extras din manuale standard de biografie sau din alte surse care selecţionează numai o mică elită, timpul de dublare este de circa 20 de ani. Aceeaşi cifră se obţine aproximativ şi în privinţa oricărei liste de mari descoperiri ştiinţifice selecţionate.

Pentru a îmbunătăţi ponderea şi semnificaţia acestui rezultat, este necesar, evident, să trecem la o formulare oarecare cu privire la gradele de eminenţă, care să prezinte nu o dihotomie a celor distinşi şi a celor nedistinşi, ci mai curînd o scară mobilă, un fel de distribuţie a vitezei. O asemenea scară — scara tradiţională folosită de decani şi alţi conducători ca măsură a succesului ştiinţific — constă din numărul de articole

produse de fiecare individ în revistele ştiinţifice recunoscute. Trebuie admis, de la început, că aceasta este o scară nesatisfăcătoare. Căci cine ar îndrăzni să considere că ar exista o egalitate între un articol al lui Einstein despre relativitate şi între fie şi o sută de articole ale lui John Doe[XIV], doctor în ştiinţe, despre constanta elastică a diferitelor esenţe lemnoase (pentru fiecare esenţă cîte un articol) ale pădurilor din Basutolandul de Jos?

Această scară este nesatisfăcătoare, dacă nu pentru alt motiv, pentru faptul că existenţa ei a îndemnat pe oameni să publice, acesta fiind modul în care ei puteau fi apreciaţi. Cu toate acestea, ea constituie un punct de plecare şi este susceptibilă de perfecţionare în decursul timpului pentru a face faţă obiecţiilor ridicate. Vom arăta, de pildă, că toate distribuţiile de acest gen sînt de un tip asemănător şi că, prin urmare, deşi nu putem măsura direct „capacitatea ştiinţifică", putem deduce în mod rezonabil proprietăţile distribuţiei sale prezumate. Va trebui de asemenea să ne opunem părerii că scara nu ar putea fi aplioată, în mod direct, erei *Ştiinţei mari,* care implică atîta muncă de colaborare încît îngreuiază determinarea realizărilor ce revin fiecăruia. Aceasta constituie un punct care este rezervat unei analize ulterioare.

Nu este cazul să începem cu un punct de vedere prea pesimist cu privire la această investigaţie. S-ar putea să existe abateri flagrante, dar în general există, fie că ne place sau nu, o corelaţie destul de bună între eminenţa unui om de ştiinţă şi productivitatea sa în materie de publicaţii. Este nevoie de persistenţă şi perseverenţă pentru a fi un bun om de ştiinţă şi acestea se

XIV Nume ipotetic, folosit pentru a evita un nume precis ***(N.T.).***

reflectă în mod frecvent într-o producţie susţinută de scrieri erudite. Apoi, se poate demonstra foarte bine că lista acelora care marchează multe puncte conţine o mare proporţie de nume, care nu numai că sînt cunoscute dar care sînt şi onorate. Invers, capătul listei în care figurează cei cu un număr redus de puncte conţine, în cifre absolute, mai puţine asemenea nume, iar procentual cu mult mai puţine.

Un studiu exact în această problemă a fost efectuat, de Wayne Dennis. Folosind ca sursă lucrarea *Biographical memoirs* pentru anii 1943—1952, el a arătat că din 41 de oameni, care au decedat după ce au trăit o viaţă plină, atingînd vîrsta de 70 de ani, cel care era situat în frunte avusese 768 de publicaţii, iar ultimul din această enumerare numai 27. Numărul mediu de publicaţii pe persoană a fost de peste 200, iar numai 15 persoane au avut mai puţin de 100 de publicaţii în bibliografiile lor. Tot astfel, o listă de 25 de oameni de ştiinţă eminenţi din secolul al nouăsprezecelea a arătat că toţi, cu o singură excepţie, publicaseră între 61 şi 307 articole[5]. De asemenea, pe baza unui eşantion din *Royal Society Bibliography of Scientific Literature 1800—1900* (Bibliografia literaturii ştiinţifice a Societăţii Regale 1800—1900) s-a constatat că cei mai productivi din toţi autorii care reprezintă lOo/o din totalul lor, avînd fiecare un număr de peste 50 de publicaţii, erau de un asemenea calibru încît jumătate dintre ei au meritat distincţia de a fi menţionaţi în *Encyclopae- dia Britanica;* din grupul de vîrf care reprezintă 5»/o din total, în care bibliografia fiecăruia cuprinde peste 140 de articole, aproximativ 70 la sută s-au bucurat de aceeaşi menţiune. Niciunul din cei menţionaţi în *Encyclopaedia* pentru opera sa ştiinţifică nu a avut mai puţin de şapte publicaţii.

Astfel, deşi nu există nici o garanţie că micul producător de publicaţii este o nonentitate şi că marele producător este un om de ştiinţă distins sau că ordinea meritului urmează ordinea productivităţii, există, totuşi, o corelaţie strînsă[XV] între acestea, iar pentru noi prezintă interes cercetarea mai aprofundată a împărţirii scriitorilor de literatură ştiinţifică, în scriitori de mare şi, respectiv, de mică productivitate.

Asemenea studii sînt uşor de făcut prin calcularea numărului de articole aflate sub numele fiecărui autor în indicele cumulativ al unei reviste. O asemenea investigaţie deschizătoare de drumuri a fost efectuată de Lotka[XVI], iar după aceea mulţi alţii au repetat asemenea numărători pe autor. Ele confirmă, toate, un rezultat fundamental simplu, care nu pare să depindă de tipul ştiinţei sau de anul volumului-indice folosit; singura cerinţă fiind ca indicele să se extindă pe un număr de ani suficient de mare, astfel încît să dea posibilitate acelora care pot produce mai mult decît câteva articole să şi producă efectiv mai mult.

Rezultatul acestei investigaţii este legea inversului pătratului productivităţii (fig. 12). Numărul de indivizi care produc *n* articole este proporţional cu $1/n^2$. Pentru fiecare 100 de autori care nu produc decît un singur articol într-o anumită perioadă, există 25 care produc două articole, 11 cu trei articole şi aşa mai departe. Înfăţişînd lucrurile puţin deosebit, prin prezentarea cumulativă a rezultatelor, se obţine o integrare care ne dă

XV Riesman constituie o excepţie, întrucît a publicat numai 19 articole, dar el a murit la vîrsta de 40 de ani.

[6] Productivitatea este de aceea unul din numeroşii factori.

XVI Alfred J. Lotka, *The frequency distribution of scientific productivity* (Distribuţia frecvenţei productivităţii ştiinţi-

aproximativ o lege a inversului la puterea întîi pentru indivizii care elaborează mai mult decît *n* articole; astfel, circa unul la cinci autori elaborează cinci sau mai multe articole şi unul la zece produce cel puţin zece articole (fig. 13).

Este surprinzător că o lege atît de simplă este urmată cu atîta exactitate şi că găsim aceeaşi distribuţie de productivitate ştiinţifică în primele volume ale „Societăţii Regale[14] ca şi în datele extrase din revista *Chemical Abstracts* din secolul al douăzecilea. Cred că această regularitate dă o indicaţie cu privire la natura punctajului a cărui evidenţă este ţinută. O distribuţie conform probabilităţii legii inverse a pătratului sau a inversului puterii întîi pentru probabilitatea cumulafice), în „Journal of the Washington Academy of Sciences" l(î (1926), 317. Pentru o analiză mai completă şi justificare vezi Herbert A. Sim on, *Models of Men, Social and Naţional,* New York, John Wiley and Sons Inc., 1957, p. 160.

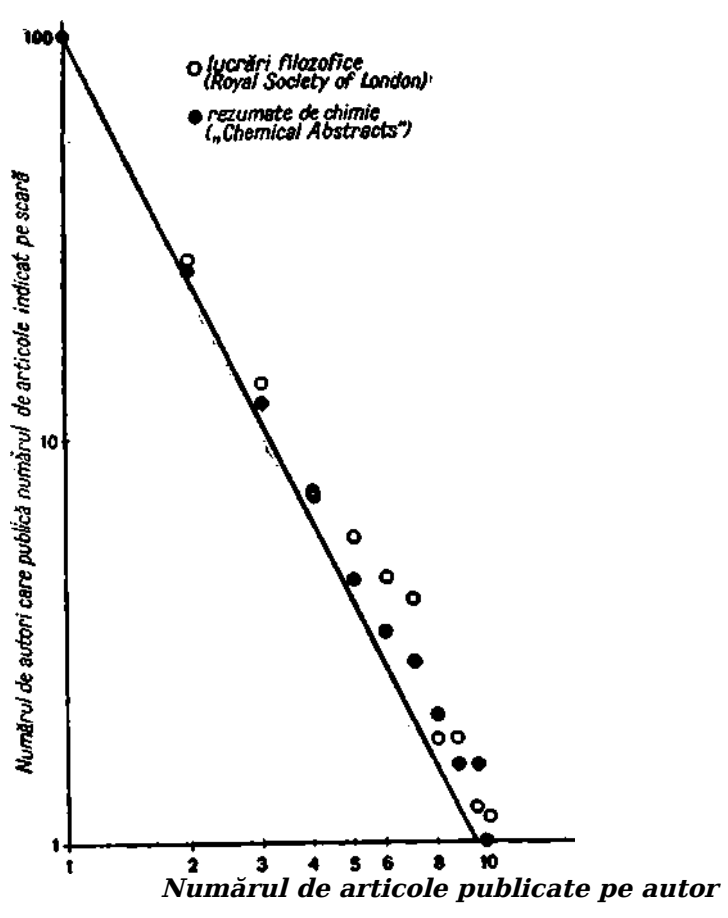


FIG. 12. LEGEA LUI LOTKA

Numărul de autori care publică exact *n* articole, ca o funcţie de *n*. Cercurile goale reprezintă datele culese din primul volum-Indice al ediţiei prescurtate din *Philosofihicol Tran- sactions of the Royal Society of London* (17 and early 18** centuries). (Lucrările filozofice ale Societăţii Regale din Londra; secolul al 17-lea şi Începutul secolului al 18-lea); cercurile pline reprezintă pe acelea culese din indicele decenal, 1907 — 1916, al lui *Chemi- cal Abstracts;* linia dreaptă indică legea a pătratului invers a lui Lot ba. Toate**
datele sînt reduse la o bază strictă de 100 de autori, care nu publică dedt un singur articol.

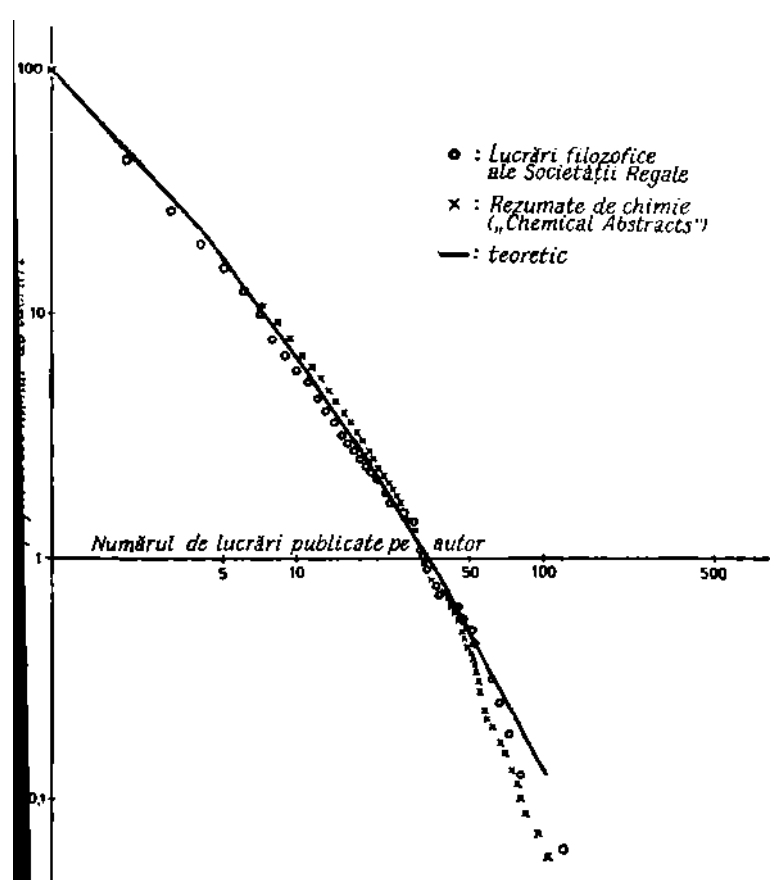


FIG. 13. NUMĂRUL DE AUTORI CARE PUBLICĂ CEL PUŢIN *n LUCRĂRI, CA O* FUNCŢIE DE *n* Aceleaşi date şi aceeaşi reducţie ca şi pentru fig. 12, dar curba plină este în cazul de aţă modificată avînd o formă care ţine seamă de supraestimaţia lui Lotka a numărului autorilor de mare prolificitate (vezi nota 9 capitolul *2*).

tivă nu seamănă de loc nici cu distribuţiile normale ale lui Gauss sau Poisson şi nici cu celelalte curbe asemă-

nătoare ce rezultă din măsurarea normală liniară a evenimentelor care se produc întîmplător. Dacă numărul lucrărilor ştiinţifice ar fi distribuit astfel cum este distribuit numărul de oameni de diferite înălţimi, sau numărul celor ucişi de cai prin lovituri de copită, am găsi cu mult mai puţine punctaje mari. Nu plouă din cer cu lucrări ştiinţifice şi deci ele nu sînt distribuite la întîmplare; dimpotrivă, pînă la un punct, cu cît un autor are mai multe lucrări, cu atît pare mai uşor pentru el să elaboreze încă una; un principiu asupra căruia vom reveni.

Să examinăm mai întîi natura legii brute a inversului pătratului productivităţii (tabelul 2). Dacă se calculează producţia totală a acelora care scriu *n* lucrări, rezultă că celor mulţi, cu o producţie scăzută, le revine, la un loc, aproximativ tot atît de mult din totalul lucrărilor, ca şi numărului redus de autori cu o producţie mare; într-un simplu exemplu schematic, simetria poate fi indicată pînă la un punct care corespunde cu rădăcina pătrată a numărului total al autorilor sau cu punctajul celui cu producţie maximă. Dacă există 100 de autori, iar cel mai prolific are un punctaj de 100 de lucrări, jumătate din totalul lucrărilor s-au scris de către cei zece cu punctajul cel mai ridicat, iar cealaltă jumătate de către acei care fiecare în parte are mai puţin de 10 lucrări. De fapt, în cazul ideal indicat, un sfert din lucrări au fost scrise de cei doi autori din frunte, iar un alt sfert de către aceia care nu publică decît ur> articol sau două.

Aceasta ne pune de îndată la îndemînă o metodă obiectivă pentru separarea acelora care au o contribuţie majoră de cei cu contribuţie minoră. Se poate pune

Tabelul 2

TABEL SCHEMATIC INDICÎND NUMĂRUL DE AUTORI DE DIFERITE GRADE DE PRODUCTIVITATE (LUCRĂRI PE TOATĂ DURATA VIEŢII) ŞI NUMĂRUL DE LUCRĂRI PUBLICATE*

Lucrări/om	*Oameni*	*Lucrări*	
1	**100**	**100**	**(Grupul de 75 la sută**
2	**25**	**50**	**oamenii de ştinţă, care**
3	**11,1**	**33,3**	**un punctaj redus,**
4	**6,2**	**25**	**sfert din totalul**
5	**4**	**20**	
6	**2,8**	**16,7**	
7	**2**	**14,2**	
8	**1,5**	**12,5**	
9	**1,2**	**11,1**	
10	**1**	**10**	
10-11,1	**1**	**10+**	
11,1-12,5	**1**	**11,1 +**	
12,5-14,2	**1**	**12,5 +**	
14,2-16,7	**1**	**14,2 +**	**(Subtotal: 10 oameni**
16,7-20	**1**	**16,7 +**	**ţă produc mai mult de**
20-25	**1**	**20+**	**la sută din totalul**
25-33,3	**1**	**25+**	
33,3-50	**1**	**33,3+**	
50-100	**1**	**50 +**	**(Cei doi din vîrf produc**
Peste 100	**1**	**100 +**	**sfert din toate**
TOTAL	**165**	**586+**	
Media lucrări/om = 586:		**165 = 3,54**	

•) Baza tabelului a constituit* o 100 de autori care au publicat o singură lucrare.
Celelalte cifre sînt calculate pe baza legii lui I«otka.

o limită şi afirma că jumătate din totalul lucrărilor este scrisă de cei care, individual, au la activul lor peste 10 lucrări sau că numărul producătorilor prolifici pare să fie de acelaşi ordin de mărime ca şi rădăcina pătrată a numărului total de autori. Prima modalitate, care stabileşte o cotă de circa 10 lucrări, ce poate fi denumită „metoda lui Dean“, este destul de

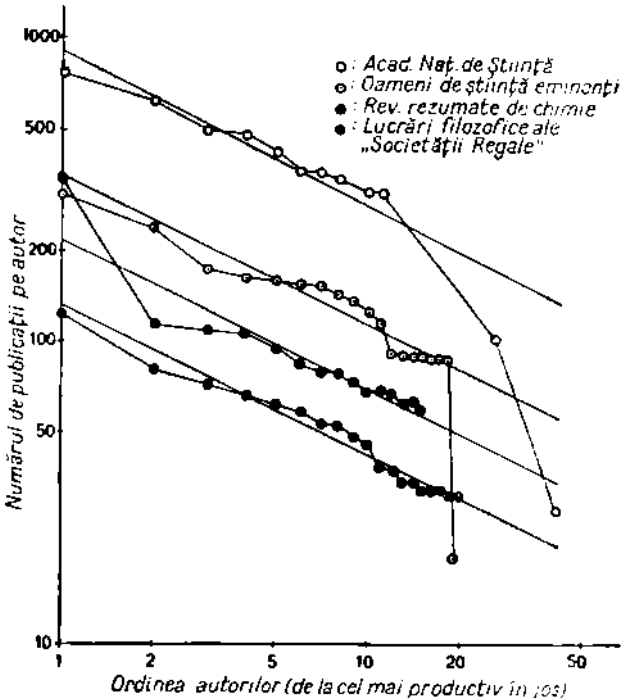


FIG. 14. NUMĂRUL PUBLICAŢIILOR A PATRU SERII DE AUTORI EXCEPŢIONAL DE DISTINŞI ŞI (INCIDENTAL) EXTREM DE PROLIFICI, FIECARE AŞEZAT LA RANGUL SĂU ÎN CADRUL SERIEI

Seriile sînt alcătuite din: (1) membrii Academiei Naţionale de Ştiinţe, extraşi din biografiile făcute cu prilejul necrologurilor; (2) nouăsprezece oameni de ştiinţă cminenţi din secolul aJ nouăsprezecelea; (3) cei mai prolifici autori cuprinşi în indicele decenal al revistei *Chemical Abstracts;* (4) indicele volumelor 1 — 70 din *Philosophical Transao iions of the Royal Society.*

cunoscută; a doua modalitate, care arată că numărul autorilor creşte în raport cu pătratul numărului celor buni, pare a fi compatibilă cu constatările anterioare, că numărul oamenilor de ştiinţă se dublează la fiecare 10 ani, dar că numărul oamenilor de ştiinţă remarcabili se dublează numai la 20 de ani.

Din nefericire, legea simplă a inversului pătratului lui Lotka trebuie modificată în cazul autorilor cu punctaje

mari (fig. 14). Dincolo de liniile de separaţie menţionate, numărul oamenilor de ştiinţă se reduce mai repede decît inversul pătratului, apropiindu-se mai mult de inversul cubului. Aceasta echivalează cu a spune că numărul lor cumulativ se reduce mai curînd în raport cu pătratul punctajului decît cu punctajul luat la puterea întîi. Datele extrase din lucrarea lui Lotka şi Dennis[8] sînt în deplină concordanţă cu aceasta, adică, dacă acei cu punctaje mari sînt clasificaţi în ordinea meritului, punctajele lor scad în toate cazurile cu rădăcina pătrată a ordinei (a rangului) lor în clasificare.

Din cele ce preced se poate deduce cu uşurinţă o lege valabilă atît pentru cei cu punctaj scăzut cît şi pentru cei cu punctaj ridicat, lege care reduce foarte puţin extremitatea de sus a distribuţiei lui Lotka®. Se poate vedea că această distribuţie ar trebui să fie calitativ necesară, căci altfel punctajele maxime ale lucră-

8 Wayne r Dennis, *Bibliographies of Eminent Scientista* (Bibliografiile oamenilor de ştiinţă eminenţi) în „The Scientific Monthly", 79 (septembrie 1954), pp. 180—183.

9 Pentru reprezentarea grafică, pe care am dat-o aci, am folosit o lege de distribuţie avînd forma:

$$k\left(\frac{1}{p}\right) \quad \frac{1}{a+i>} \quad \frac{1}{J\,P\,(a+P)} \quad \frac{ak}{}$$

în care *N* este numărul cumulativ al oamenilor care publică cel puţin p lucrări ştiinţifice intr-un interval dat de timp (aci reprezentînd durata vieţii). Pentru cei cu productivitate redusă 1 < p < a, iar legea tinde spre puterea întîi inversă *N=k/p,* în timp ce pentru autorii de mare productivitate avem a < p < oo, iar legea se apropie de forma pătratului-invers $N = ak/p^{'1}$. Constatăm că datele disponibile pot fi ajustate prin stabilirea rilor publicate în decursul unei vieţi s-ar ridica la mii şi chiar la zeci de mii şi nu la cîteva sute, cifră care pare să fie producţia chiar şi a celor mai prolifice vieţi ştiinţifice. Cayley,

unul din marii matematicieni britanici ai secolului al nouăsprezecelea, are, în colecţia sa de lucrări, 995 articole — o lucrare la două sau trei săptămîni, — iar eu nu am reuşit să descopăr pe altul care să-1 depăşească.

Această lege modificată ne conduce la rezultatul că aproximativ o treime a literaturii şi mai puţin de o zecime a oamenilor de ştiinţă intră în zona punctajelor înalte. Din ea mai rezultă o medie de 3 1/2 lucrări de fiecare om. Astfel, dacă cunoaştem cîte lucrări s-au publicat într-un domeniu, atunci putem calcula numărul oamenilor care le-au scris şi chiar numărul mult mai mic al acelora care trebuie consideraţi că au o contribuţie proeminentă în domeniul respectiv. Prin urmare, într-un domeniu care conţine 1 000 de lucrări, vor exista circa 300 de autori. Dintre aceştia, aproximativ 180 nu vor trece dincolo de prima lor lucrare, dar alţi 30 se vor afla deasupra demarcaţiei noastre de

hotarului între productivitatea mare şi cea mică la a = 15 lucrări pe durata vieţii.

Cu ajutorul legii de distribuţie stabilită sîntem în măsură să calculăm, unul după celălalt, numărul de autori care publică exact p lucrări, numărul de lucrări publicate în total de aceşti autori şi, în sfîrşit, numărul cumulativ de lucrări publicate de numărul cumulativ de autori. Aceasta ne permite să calculăm toate proprietăţile unei atari distribuţii, în termenii parametrului *a* şi ai constantei arbitrare de proporţionalitate, *k,* Reiese, de pildă, că numărul mediu de lucrări pentru fiecare autor este dat de l+(14-l/a) log (1+a) care este foarte puţin sensibil la mărimea lui a, luînd o valoare de 3 pentru *a=7* şi o valoare de 4 pentru a=22.
10 lucrări de fiecare, iar 10 vor fi extrem de prolifici, avînd o contribuţie majoră.

Mai importantă decît informaţia numerică este existenţa dovedită a unei legi aplicabile de distribuţie. Se

poate face o comparaţie interesantă între aceasta şi faimoasa lege a lui Pareto a distribuţiei venitului[XVII]. In locul unei forme care să urmeze o lege de 1/n pentru valorile mici şi de $1/n^2$ pentru cele mari, Pareto a descoperit că cifrele cumulative privitoare la venit urmau, aproape exact şi în mod constant, pe o perioadă lungă de timp, în diferite ţări, o formă care urmează o lege de $1/n^{1{,}5}$ — adică exact la jumătatea distanţei dintre cele două forme arătate mai sus. De ce există oare o asemenea lege empirică şi de ce este ea atît de deosebită de legile uzuale ale erorilor, de loviturile de copite de cal şi de alte distribuţii de probabilitate?

Cred că motivul rezidă în simplul fapt că numărul de publicaţii nu este o măsură liniară aditivă de productivitate, în felul cerut de distribuţiile lui Gauss. Punctul nostru de demarcaţie nu este media între punctajul cel mai înalt şi cel mai scăzut, ci mai curînd media lor geometrică. Se simte intuitiv că pasul de la trei la şase lucrări este, mai curînd, asemănător aceluia de la 30 la 60 de lucrări decît de la 30 la 33. Pentru toate aceste motive este rezonabil să credem că ne găsim în prezenţa a ceva asemănător cu legea aproximativă a lui Fechner sau a lui Weber din psihologia experimentală, în care măsura reală a reacţiei nu este luată după mărimea stimulului, ci după logaritmul acestuia; trebuie să avem intervale egale de efort, care să corespundă unor raţii egale ale numărului de publicaţii[XVIII].

XVII Legea a fost formulată în amănunt de V. Pareto în *Cours d'economie politique* (1897), voi. 2, pp. 299—345.

XVIII Vezi textul din Galton referitor la notele obţinute de con- curenţi la concursurile de matematică din Cambridge. Puncta jele lor, cit se poate mai apropiate de o scară deschisă obiectivă de merite, erau de aşa fel încît candidatul din vîrf din fiecare an obţine aproape de două ori mai multe puncte decît cel de-al doilea şi de trei zeci

Putem defini „soliditatea[11] unui om, s (cit este de „solid[11] individul?) ca fiind logaritmul punctajului său de lucrări din cursul vieţii sale. Logaritmul numărului de oameni, care au cel puţin s unităţi de „soliditate[11] în materie de productivitate, va începe prin a scădea liniar cu *s,* apoi mai repede pe măsură ce se apropie de limita superioară de 1 000 de articole, cifră care nu a fost depăşită de nimeni. Cu alte cuvinte, pentru fiecare creştere cu o unitate a soliditătii, numărul de oameni care parvin la o atare soliditate se micşorează cu un factor aproape constant. Dar, această scădere a populaţiei *pe* baza unui factor constant pentru fiecare unitate de creştere a lui s este exact ceea ce găsim la extremitatea unei distribuţii normale de probabilitate. De pildă, dacă luăm distribuţia normală a testului de inteligenţă A.G.C.T. care este astfel întocmit încît norma prevăzută pe scară este de 100, o jumătate a populaţiei va fi deasupra, iar cealaltă jumătate dedesubtul ei, iar dispersia de aşa fel încît cuartilele sînt situate la 80 şi la 120 (adică deviaţia standard este de 20). în acest caz pentru punctajele de peste aproximativ 140 (ca şi pentru cele de mai puţin de 60) numărul cazurilor de la extremităţile distribuţiei scade cu un factor egal cu 10 pentru fiecare 10 puncte ale scării. Dacă măsurăm „soliditatea[14] prin logaritmi cu baza 10, în acest caz fiecare unitate de s corespunde la circa 11 puncte de pe scara A.G.C.T. pentru toţi, în afară de oamenii de ştiinţă cei mai „solizi“, pentru care ea se

de ori mai multe decît al 100-lea candidat. Caracterul logaritmic normal al productivităţii ştiinţifice a fost sugerat anterior de William Schockley în On *the statistics of individual variations of productivity in research laboratories* (Despre statistica variaţiilor individuale ale productivităţii în laboratoarele de cercetări), în „Proceedings of the Institute of Radio Engineers", 45 (1957), p. 279, p. 1409.

urcă pînă la circa 20 de puncte[XIX].

Prin urmare, legea lui Pareto poate fi considerată ca nefiind altceva decît rezultatul combinării unei probabilităţi rezonabile de distribuţie a capacităţilor cu o măsură a eficacităţii acestor capacităţi potrivit legii lui Fechner. In cazul productivităţii ştiinţifice găsim o explicaţie, cu bază teoretică — tot atît de fericită — pentru forma legii empirice. Singura deosebire între distribuţia venitului şi a lucrărilor sau între distribuţia mai generalizată descoperită de Zipf, pentru a explica aproape totalitatea distribuţiilor naturale de obiecte aranjate în ordinea mărimii, este aceea că pentru ştiinţă există o limită superioară precisă a cantităţii pe care un om o poate realiza într-o viaţă.

Singura incertitudine care ne rămîne cu privire la noua lege a distribuţiei normale a soliditătii ştiinţifice este aceea că nu ştim unde să aşezăm începutul scării. Care punctaj din A.G.C.T. corespunde situaţiei s = 0, care este situaţia minimală a unei singure publicaţii ştiinţifice în decursul unei vieţi? Dacă, fără a altera normele minime, presupuse absolute şi obiective, pentru o lucrare ştiinţifică, s-ar putea ca fiecare membru al populaţiei să fie convins să parcurgă treptele învăţămîntului şi ale formării profesionale şi să încerce să atingă această ţintă, cît de numeroşi vor fi acei care vor reuşi?

Este extrem de greu de răspuns la această întrebare, căci, pe lîngă volumul mare de teste de inteligenţă

XIX Cu alte cuvinte, pentru cazurile în care punctele obţinute la testele de inteligenţă depăşesc 140, respectiv sînt sub 60, numărul cazurilor înregistrate scade de 10 ori mai mult decît diferenţa punctajelor înregistrate. Astfel, de. exemplu,, la o trecere de la 140 la 150 de puncte (o diferenţă de 10 puncteX numărul cazurilor înregistrate este de 10 ori mai mic, ceea ce se explică prin faptul că curba de distribuţie a lui Gauss are forma de clopot *(N.T.).*

generală, nivelul de componenţă al metodei cantitative este scăzut atunci cînd ea este aplicată pentru a decide ce anume favorizează creativitatea ştiinţifică. Pe baza teoriei noastre recent dobîndite, putem risca formularea unei conjecturi numai pe baza testelor de inteligenţă. Investigaţiile fundamentale efectuate de Harmon[XX], asupra lucrărilor promoţiei din anul 1958 de doctori în ştiinţe din Statele Unite, ne permit să facem unele afirmaţii asupra incidenţei şi asupra caracteristicilor testului de inteligenţă ale acestui grup. Nivelul doctoratului în ştiinţe şi al normelor editoriale ale publicaţiilor periodice savante sînt elemente pe care neam străduit să le menţinem constante. Este deci rezonabil de a identifica efortul minim cerut pentru redactarea unei singure lucrări ştiinţifice, cu acela care se cere pentru trecerea prin „poarta diplomei[11] înspre calea cercetării. Deşi s-a admis că aceste condiţii nu coincid, deoarece unii doctori în ştiinţe nu-şi publică niciodată tezele, în timp ce mulţi autori nu sînt doctori, totuşi în cazul cel mai rău diferenţa dintre aceste două categorii ar trebui să reprezinte o rată constantă rezonabilă, nu prea îndepărtată de unitate.

Harmon a descoperit că într-un grup de populaţie de aceeaşi vîrstă numărînd circa 2 400 000 de indivizi se produce o „recoltă[XXI] anuală de aproximativ 8 000 doctori în ştiinţe din toate domeniile, ştiinţele fizice şi biologice însumînd aproximativ jumătate din total. După cum era de aşteptat, punctajele testelor de

XXLindsley R. Harmon, *The High. School Backgrounds of Science Doctorates* (Fondul de pregătire medie a doctorilor în ştiinţe). în „Science" 133 (10 martie 1961), 679, publicat şi *in extenso* în „Scientific Manpower" (NSF 61—34, mai 1961), pp. 14—28.

XXI *Mod.* în statistică reprezintă acea valoare a unei variabile aleatoare pentru care densitatea de repartiţie este maximă. *'N.T.).*

inteligenţă pentru acest grup erau considerabil mai ridicate decît nivelul general, media fiind A.G.C.T. 130,8 potrivit modului[14] distribuţiei. Considerate pe domenii, s-a constatat o variaţie de la 140,3 pentru fizică la 123,3 pentru doctorii în pedagogie.

Fizică	140,
Matematică	138,
Ştiinţe tehnice (inginerie)	134,
Geologie	133,
Arte şi ştiinţe umaniste	132,
Ştiinţe sociale	132,
Ştiinţe naturale	131,
Chimie	131,
Biologie	126,
Pedagogie	123,

Cînd aceste date au fost aplicate populaţiei în general, în aceeaşi grupă de vîrstă, a reieşit că la cel mai înalt nivel de inteligenţă înregistrat, A.G.C.T. 170 +, aproximativ o persoană din cinci era posesoare a unui doctorat în ştiinţe, deşi incidenţa doctoratelor în aceeaşi grupă era de numai 1 la 3 000. Astfel, inteligenţa are o legătură importantă cu obţinerea unui doctorat în ştiinţe. Dacă considerăm acum plauzibil că acest raport curent de unu la cinci se referă la acele fiinţe superioare care devin oameni de ştiinţă de mare productivitate, trebuie să ne gîndim să folosim orice mijloace, corecte şi incorecte, pentru a face să dispară discrepanţele, astfel ca toţi să poată obţine un doctorat în filozofie sau chiar un doctorat în ştiinţe.

In prezent, ştim că numărul total al oamenilor de ştiinţă creşte, mai mult sau mai puţin, cu pătratul numărului celor de calitate. De aceea, dacă voim să înmulţim cu cinci numărul oamenilor de ştiinţă de calitate trebuie să înmulţim întreaga grupă cu 25. în acest

caz, în locul unei grupe de aceeaşi vîrstă de aproximativ 8 000 de doctori în diferite discipline, ar trebui să avem circa 200 000, numai în ştiinţă. în realitate, distribuţia inteligenţei ne arată că într-o grupă de aceeaşi vîrstă de 2 400 000 indivizi, puţini peste 160 000 realizează un punctaj A.G.C.T. de 130, astfel că avem o linie de demarcaţie minimală pentru eventualii oameni de ştiinţă, care este cu puţin mai coborîtă decît modul actual stabilit pentru doctori, atît în ştiinţă cît şi în alte domenii. Astfel, cele două metode ne indică acelaşi lucru, că cel mult 6 pînă la 8 la sută din populaţie ar putea fi oameni de ştiinţă ce îndeplinesc condiţiile minimale.

Prin urmare, scara de soliditate referitoare la publicaţiile ştiinţifice ar trebui să aibă gradul zero aşezat la un nivel A.G.C.T. de circa 130, ceea ce corespunde la o persoană din 15 dintr-un grup de aceeaşi vîrstă. Deşi adoptarea acestui punct de demarcaţie pare atrăgătoare, prin faptul că el corespunde atît de bine cu norma prezentă pentru doctori, implicaţiile sale sînt grave. La prima vedere se pare că în prezent se recurge numai la aproximativ un singur individ din cei 25 care ar putea deveni oameni de ştiinţă şi numai la o cincime din aceia care ar putea deveni oameni de ştiinţă remarcabili. Dacă s-ar aduna toate resursele de talent ale populaţiei, fără pierdere sau risipă, ar putea exista în acest caz 8 000 000 de oameni de ştiinţă în Statele Unite[XXII], care ar scrie articole, şi din aceştia 80 000 ar fi foarte productivi, avînd fiecare un număr de peste 10 lucrări. Astfel, ar trebui să avem o listă de 40 000 de oameni de ştiinţă la un milion de locuitori, iar dintre aceştia 400 dintr-un milion ar fi oameni remarcabili. Reamintim că Galton a găsit aproximativ 5 pînă la

XXII Aceasta reprezintă mai mult decît îndoitul numărului oamenilor de ştiinţă din întreaga lume.

10 oameni de ştiinţă eminenţi într-o populaţie de un milion, iar primele volume din *American Men of Science* indicau 50 dintr-un milion. Astfel, în privinţa densităţii oamenilor de ştiinţă remarcabili, ne rămîne cel mult încă un ordin de mărime şi este puţin probabil că ştiinţa va acapara, chiar în dauna tuturor celorlalte ocupaţii care cer un mare talent, mai mult de 8 la sută din populaţie. Chiar şi în această situaţie, se pare că randamentul descrescînd în oameni de ştiinţă remarcabili, la fiecare 100 de doctori în ştiinţă, va îngreuia din ce în ce mai mult atingerea unui nivel de această mărime. Cît de puternică este această limitare? Este, oare, cu putinţă ca numărul de oameni de ştiinţă de calitate să nu poată creşte de cinci ori, astfel cum am presupus?

Aproape o jumătate din acest factor revine risipei de forţă de muncă ştiinţifică feminină, risipă pe care U.R.S.S. a stăvilit-o parţial, dar pe care se pare că noi nu sîntem în măsură s-o evităm. Un alt factor egal cu doi ar putea fi atribuit lipsei de condiţii favorabile şi de stimulenţi din regiunile situate înafara marilor oraşe unde există şcoli bune, în care concurenţa şi inspiraţia sînt prezente. într-adevăr, luînd totul în consideraţie, marea proporţie de forţă de muncă talentată care în prezent se îndreaptă cu succes către ştiinţă constituie un motiv de laudă. Dar dacă nivelul nu poate creşte în fapt, atunci ne aflăm, după cum am şi presupus, aproape la jumătatea drumului înspre saturaţia de la capătul de sus al scării, iar orice creştere a numărului oamenilor de ştiinţă trebuie să aducă după sine o preponderenţă şi mai mare a forţei de muncă capabilă să întocmească lucrări ştiinţifice, dar incapabilă de o serie de lucrări ştiinţifice remarcabile. Aceasta provoacă o serioasă îndoială cu privire la modul în care gîndim viitorul învăţămîntului ştiinţific. Merită el, oare, multe sacrificii?

Cred că acum am stabilit baza teoretică pentru acest studiu al ştiinţei. Ea este izbitor de asemănătoare cu studiul econometriei. Pe de o parte avem abordarea dinamică care ne procură serii cronologice, la început cu creştere exponenţială şi apoi cu creştere saturată, care are drept rezultat curbe logistice normale. De cealaltă parte avem statica unei legi de distribuţie asemănătoare aceleia a lui Pareto. Măsura diferenţei între analiza ştiinţei şi analiza economiei rezidă în parametrii folosiţi. Partea principală exponenţială a creşterii ştiinţei se dublează în numai 10 ani, ceea ce reprezintă o viteză mult mai mare decît în orice alt domeniu; indicele caracteristic al legii distribuţiei este egal cu unu la capătul de jos şi cu doi la capătul de sus, în loc de a fi în mod uniform 1,5.

Contribuţiile adiţionale aduse de noi constau în procurarea unei baze teoretice judicioase pentru legea lui Pareto şi în demonstraţia că, deşi numărul mediu de lucrări pe autor rămîne sensibil constant, se poate face o demarcaţie între cei cu înaltă productivitate şi între masa mai largă a autorilor a căror productivitate este scăzută. Se constată că această masă creşte în raport cu pătratul numărului celor cu punctaj ridicat, motiv pentru care numărul celor cu punctaj ridicat se va dubla numai la fiecare interval de 20 de ani.

Principiul legii lui Fechner, pe care l-am invocat pentru a reduce distribuţia de tip Pareto la genul de măsură liniară şi aditivă, care este necesară pentru o curbă de probabilitate normală, este mult mai puternic decît am presupus la început. Dacă am putea privi în general soliditatea unui volum de publicaţii, astfel cum ea este măsurată prin logaritmul numărului de lucrări, — atunci apar consecinţe interesante noi. Să examinăm legea de creştere exponenţială mai sus menţionată ca o condiţie universală a unei ştiinţe în dezvoltare liberă.

Evident, soliditatea acestui domeniu, logaritmul numărului de lucrări, creşte liniar cu timpul. Astfel, din moment ce este nevoie de aproximativ 50 de ani pentru ca numărul oamenilor de ştiinţă sau numărul lucrărilor dintr-un domeniu să crească de zece ori, creşterea soliditătii cu o unitate se produce la fiecare semicentenar[XXIII].

Nu-mi pot da seama foarte bine de ce lucrurile se petrec în acest mod, sau de modul în care am putea judeca altfel decît prin intuiţie pură, dar cele două unităţi de soliditate, care separă pe omul care nu poate publica decît o singură lucrare în timpul unei vieţi de acela care poate scrie o sută asemenea lucrări, sînt esenţialmente aceleaşi cu cele care separă cele două stadii ale unui subiect la epoci distanţate de un secol. în termeni aproximativi şi care pot induce în eroare, se poate spune că omul de ştiinţă eminent este cu un secol înainte faţă de omul de ştiinţă de importanţă minoră.

Ce alte implicaţii mai urmează din supoziţia că progresul realizat într-un domeniu poate fi măsurat prin mersul liniar al solidităţii sale? Sînt oare aceste grade de soliditate cu adevărat aditive? Trebuie oare să considerăm că un domeniu în care sînt angajaţi o sută de lucrători şi în care ei adaugă două unităţi de soliditate într-un interval dat de timp este inferior faţă de 10 domenii separate a cîte 10 lucrători, fiecare dintre ei adăugind fiecăruia din aceste domenii cite o unitate, ceea ce reprezintă un total de 10 unităţi pentru acelaşi interval de timp?

XXIII în consecinţă, aceasta oferă o măsură care este liniară şi nu exponenţială. Ea reprezintă genul de indice care ar putea corespunde cu premiile Nobel (care după modul lor de organizare sînt acordate liniar în funcţie de timp); este posibil de asemenea ca ele să corespundă cu progresele neaşteptate, cru ciale.

Dacă o asemenea indicaţie ar fi adevărată s-ar părea că ştiinţa are o înclinaţie puternică să-şi minimizeze soliditatea în loc de a o mări cît mai mult. Dincolo de fenomenul creşterii exponenţiale, ştiinţa manifestă în diferite moduri tendinţa de a se cristaliza, în sensul că obiectele mari cresc în dauna celor mici. Domeniile mari par a absorbi forţa de muncă şi a acapara materia celor mici. Deşi domenii noi, departamente noi, instituţii şi chiar ţări noi apar pe scena ştiinţifică în număr din ce în ce mai mare, cele cîteva domenii mari preexistente au o creştere naturală, care le permite, în general, să-şi păstreze avansul. Este mai curînd o excepţie, decît regula, ca formaţiile cele mari să-şi slăbească creşterea — probabil din cauza prezenţei unui fel de plafon logistic, care le obligă să stagneze — şi să fie întrecute, astfel încît să scadă în rang.

în realitate, faptul că creşterea generală a ştiinţei măreşte atît dimensiunile marilor domenii cît şi numărul domeniilor mici, deşi prezintă o aparenţă de cristalizare, nu este atît de straniu. Exact acelaşi lucru se întîmplă atunci cînd creşte populaţia unei ţări. în loc de a fi distribuită în mod uniform pe suprafaţa întregii ţări, ea se cristalizează în blocuri de diferite dimensiuni denumite oraşe. Creşterea oraşelor dintr-o ţară oferă un model util pentru creşterea blocurilor ştiinţifice din sînul ştiinţei. Se întîmplă ca ordinea ierarhică a oraşelor sau a altor blocuri aranjate în ordinea descrescîndă a dimensiunii să mai ofere o exemplificare a aceleeaşi distribuţii de tip Pareto, pe care am găsit-o şi la productivitatea autorilor ştiinţifici.

în cazul oraşelor, statisticile istorice oferă un bun exemplu al unei asemenea distribuţii care este în curs, în care fiecare entitate creşte exponenţial, în timp ce

distribuţia se menţine normală (fig. 15)[XXIV]. Prin folosirea unei diagrame, care arată distribuţia în fiecare deceniu, se poate observa panta constantă a distribuţiei pe o scară dublu logaritmică, precum şi mersul inexorabil al segmentelor care ne indică pe una din scări dimensiunile oraşului celui mai mare, iar pe cealaltă scară numărul oraşelor de dimensiuni minime

XXIV Fig. 15 şi datele care urmează sînt luate de la G. K. Zipf, *Human Behavior and the Principie of Least Effort* (Comportarea umană şi principiul minimului de efort), Cam- bridge, Mass, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1949, p. 420, fig. 10—2.

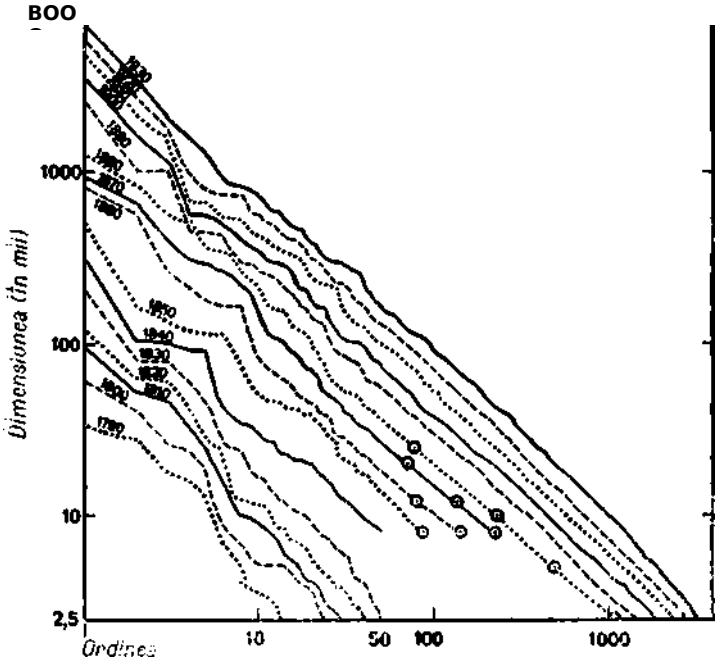


FIG. 15. STATEI/E UNITE, 1790-1930
Aşezările de 2 500 sau mai mulţi locuitori sînt înşiruite în ordinea descrescîndă a numărului populaţiei. De notat că distribuţia la orice dată arată că dimensiunea scade uniform o dată cu rangul; pe măsură ce oraşele devin mai numeroase şi se măresc toate ca dimensiune, modelul de distribuţie este menţinut, curba micşorîndu-se paralel cu ea însăşi, cu o rată constantă. Din George K. Z i p f, *Human Behavior and the Principie of Least Effort,* Cambridge, Mass, Addison-Wesley Publishing Company, Inc.,

(aci considerate cu o populaţie de 2 500). Ambele cresc regulat în fiecare deceniu, fiecare din ele parcurgînd circa 60 de ani pentru a creşte de 10 ori[10] sau, după

[18] In formularea autorului: „pentru a parcurge o [unitate de] putere a lui 10“; (adică pentru ca exponentul lui 10 să crească cu o unitate). Ideea autorului devine clară prin consultarea figurii 15, unde pe scara ordonatelor se poate vedea că curba dimensiunii oraşelor trece între anul 1810 şi 1870 cum am denumit-o înainte, cu o unitate de soliditate. Dacă am privi amănunţit

istoria vieţii oricărui oraş, an» vedea că el îşi schimbă rangul cu trecerea timpului, după cum este depăşit sau depăşeşte alte oraşe; totuşi distribuţia statistică este remarcabil de constantă.

Acest model general, care poartă toate implicaţiile analizei noastre anterioare a distribuţiei productivităţii, este urmat cu destulă conformitate de listele ierarhice atît de diverse, precum sînt acelea care ne dau dimensiunile facultăţilor sau ale doctorilor în ştiinţe pe deceniu, ale departamentelor ştiinţifice din colegii, în anumite domenii sau, în general, în Statele Unite ori în lumea întreagă. El este urmat de liste întocmite pe ranguri, care arată contribuţiile ştiinţifice, exprimate în lucrări, reviste sau cheltuielile efectuate de naţiunile globului, a căror gamă se extinde de la numărul redus al marilor producători, pe orice scară relativă sau absolută, pînă la producţia minoră a marelui număr de ţări subdezvoltate[19].

Cu privire la acest proces există acelaşi gen de „nedemocraţie[1120] esenţială, inerentă, care a dat naştere mai curînd unei naţiuni de oraşe decît unei ţări care să se apropie continuu de situaţia unei densităţi uniforme a populaţiei. Oamenii de ştiinţă tind să formeze congregaţii pe domenii, instituţii, ţări şi pentru folosirea

(interval de 60 de ani) de la valoarea de 100 (pe scara ordonatelor) la valoarea de aproape 1 000. Aceeaşi creştere poate fi observată şi pentru curbele dimensiunii oraşelor între anul 1870 şi anul 1930; în acest caz creşterea este ceva mai mică decît de 10 ori *(N.T.).*

[19] Vezi studiul preliminar al periodicelor ştiinţifice, efectuat de Biblioteca Congresului (S.U.A.).

[20] Termenul folosit de autor este „undemocracy". (N.T.). anumitor reviste. Ei nu se împrăştie în mod uniform,

oricît ar fi sau nu de dorit aceasta. In special, creşterea este de aşa natură încît ea păstrează relativ constant echilibrul dintre puţinii uriaşi şi masa pigmeilor. Numărul uriaşilor creşte într-un ritm atît de redus faţă de creşterea întregii populaţii, încît numărul pigmeilor raportat la fiecare uriaş trebuie să crească, pigmeii deplorînd statura lor redusă şi mirîndu-se că nici omul şi nici natura nu ne împing către o uniformitate egalitară.

Înlăturînd judecăţile de valoare, apare limpede că existenţa unei distribuţii rezonabile, care ne arată cîţi oameni, cîte lucrări, cîte ţări ori reviste există la fiecare rang de productivitate, de utilitate sau de orice alte elemente ce am voi să măsurăm, ne oferă un instrument viguros. în loc de a încerca obţinerea preciziei în definirea elementelor ce trebuie calculate în creşterea exponenţială, se poate face un calcul brut, care să fie interpretat cu ajutorul unei asemenea distribuţii.

După cum nu pot fi măsurate vitezele individuale ale tuturor moleculelor dintr-un gaz, tot aşa nu se pot măsura gradele de eminenţă ale tuturor oamenilor de ştiinţă. Totuşi, există temeiuri rezonabile pentru a afirma că dacă s-ar efectua astfel de măsurători ele ar urma distribuţia standard. In special se poate lua ca ipoteză această distribuţie de tip Pareto pentru a vedea modul în care rezultatele concordă cu fenomenele brute care pot fi măsurate. In fapt, se va găsi o concordanţă convingătoare.

Prin urmare, aceasta este, în mare, matricea matematică a creşterii exponenţiale a declinului logistic şi a funcţiilor de distribuţie. Ea ne oferă acum o descriere generală a expansiunii normale a ştiinţei şi a stadiului său în orice epocă. Cunoscîndu-i în prezent comportarea regulată, posedăm un instrument puternic pentru cercetarea iregularităţilor semnificative injectate în sistem prin perturbaţiile grave ale războaielor şi ale re-

voluţiilor, prin naşterea şi moartea logistică a entităţilor măsurabile, prin geniu şi prin descoperiri cruciale şi, pe scurt, prin toate schimbările organizatorice din cadrul ştiinţei şi în relaţiile sale cu statul şi cu societatea în general.

(3)

Colegii invizibile şi „navetistul" ştiinţific opulent

Din toată discuţia asupra creşterii exponenţiale şi a distribuţiei productivităţii ştiinţifice s-ar putea crede că lucrările ştiinţifice nu se produc decît pentru a fi numărate de către decani, administratori şi istorici şi că eforturile unui om de ştiinţă ar trebui îndreptate către producţia unui număr maxim de lucrări. Aceasta este departe de adevăr. O reacţie, aproape instinctivă împotriva acestui nonsens al numărătorii constă în a admite că fiecare lucrare reprezintă cel puţin un cuantum de informaţie ştiinţifică utilă şi că unele lucrări unice se pot ridica atît de mult deasupra acestei valori a cuantumului, încît numai pentru această unică contribuţie autorul lor merită să fie preţuit mai mult decît o sută de scriitori luaţi la întîmplare şi chiar mai mult decît o sută de scriitori mai prolifici.

Pentru a îmbrăţişa punctul de vedere opus şi pentru a privi mai profund rezultatele tangibile ale muncii ştiinţifice decît printr-o simplă numărătoare, trebuit; să avem cunoştinţe considerabil mai multe despre instituţiile sociale ale ştiinţei şi despre psihologia omului de ştiinţă. Obiectivul primar al omului de ştiinţă nu este, în definitiv, publicarea de articole ştiinţifice. Ceva mai mult, articolul nu este pentru el pur şi simplu un mijloc de transmitere a cunoaşterii.

Să aruncăm o privire asupra istoriei articolului ştiinţific. începutul său se datorează faptului că au existat prea multe cărţi. Iată un strigăt care porneşte din inima unui învăţat:

„Una din maladiile acestui veac este mulţimea de cărţi: lumea este atît de supra-împovărată cu ele, încît nu este în stare să digere abundenţa de materie inutilă, care este produsă zilnic şi răspîndită în lume“.

Este un imbold spre moderaţie să aflăm că. aceste cuvinte au fost scrise de exuberantul Barnaby Rich, în 1613, cu o jumătate de secol înaintea naşterii revistei ştiinţifice. Apariţia periodicului savant a creat speranţe că se va pune capăt acestui rău al supraîm- povărării. Dezvoltîndu-se în acelaşi timp şi în acelaşi spirit cu ziarul, publicaţiile de tipul *Philosophical Transactions* of *the Royal Society* au îndeplinit funcţiunea declarată de a rezuma cărţile şi lucrările savanţi- lor din întreaga Europă. Prin aceste reviste cititorul, oricare ar fi fost el, se putea informa fără a recurge la reţeaua corespondenţei personale, a comunicărilor particulare sau fără a fi nevoit să frunzărească cărţile prin librăriile Europei, lucruri care pînă atunci erau esenţiale.

Totuşi, la început, ele nu au redus cu nimic din obligaţia savanţilor de a citi şi de a scrie cărţi. Scopul lor iniţial era social, de a descoperi ce se lucra şi de către cine anume, mai curînd decît scopul urmărit de un erudit de a publica ştiinţă nouă[XXV].

Publicarea iniţială de articole scurte, de către autori izolaţi a fost o inovaţie deosebită în viaţa ştiinţei şi, ca orice inovaţie, a întîmpinat o rezistenţă considerabilă

XXV Totuşi, apăruseră mai înainte publicaţii ale academiilor savante, avînd calitatea de corpuri constituite, angajate în experimentele şi încercările pentru care fuseseră înfiinţate. *Saggi,* aparţinînd instituţiei Aceademia del Cimento, care a precedat societăţile din Londra şi Paris, este un volum de bune articole de cercetare, publicate într-o singură carte completă şi definitivă şi nu sub formă de serie.

din partea oamenilor de ştiinţă. Barber[XXVI] a arătat că o atare rezistenţă face parte dintr-un mecanism vital de conservatorism înnăscut în corpul ştiinţei. Este o contrapondere firească faţă de creativitatea cu vederi largi, care inundă ştiinţa cu prea multe idei noi, şi de obiectivitatea acută, care ne oferă un mijloc virtual de a decide între adevăr şi neadevăr.

O asemenea rezistenţă împotriva practicii noi şi aparent ilicite, de a publica articole în locul cărţilor oneste, este de observat în cazul lui Newton. Controversele referitoare la articolele sale asupra opticii din *Philosophical Transactions* erau pentru el un izvor de adîncă mîhnire, iar ulterior el nu s-a mai putut împăca cu ideea de a publica ceva înainte ca lucrarea să capete forma cuvenită unei cărţi terminate, care tratează subiectul de la început pînă la sfîrşit şi care să preîntîmpine toate obiecţiile şi argumentele lăturalnice, ce se puteau închipui. Dacă revista ar fi fost în vremea aceea un mijloc efectiv de comunicare, poate că lucrarea sa *Principia* nu ar fi apărut niciodată. Poate că ar trebui să începem prin a neglija articolele scrise de un autor şi să luăm în considerare cărţile sale.

Pînă cu aproximativ un secol în urmă, transformarea revistei ştiinţifice în forma sa modernă nu era completă. înaintea acestei epoci a existat o largă publicaţie de „crîmpeie“ ştiinţifice, precum ar fi simpla menţiune a ceva ce fusese realizat sau o dare de seamă asupra observaţiilor care fuseseră făcute şi publicate în altă parte. Au existat, de asemenea, multe

XXVI B. Barber, *Resistance by Scientists to Scientific Disco- very* (Rezistenţa din partea oamenilor de ştiinţă la descoperirea ştiinţifică), în „Scientific Manpower" 1960, Naţional Science Foundation Publication NSF 61—34, mai 1961, pp. 36—47.

publicaţii monografice, care puteau, ele însele, să alcătuiască cărţi, dacă ar fi existat mijloace pentru imprimarea şi distribuirea lor în condiţii rentabile. Pînă şi în anul 1900 unele din cele mai respectate reviste nu conţineau nici un singur articol ştiinţific comparabil cu cele de tipul actual. Diferenţa nu constă numai în lungime — dacă articolele sînt prea scurte sînt scrisori, iar dacă sînt prea lungi sînt monografii.

Mai curînd aş stabili o deosebire în modul de înmulţire a articolelor. Aceasta este în legătură cu modul în care fiecare articol este construit pe baza articolelor anterioare şi care apoi constituie, la rîndul său, unul din numeroasele puncte de pornire pentru următorul articol. Manifestarea cea mai vădită a acestei construcţii savante este citarea de referinţe. Nu se poate presupune că toţi autorii au fost exacţi, consecvenţi şi conştiincioşi în însemnarea izvoarelor de care s-au folosit. Unii au făcut prea puţin, iar alţii prea mult. Dar, îndeobşte, se poate observa din viaţa îndelungată a oricărui periodic ştiinţific, că în jurul anului 1850 apare modelul modem obişnuit de referire explicită la lucrările anterioare, pe care se bazează contribuţia distinctă, bine construită, care este sarcina ideală a fiecărui articol. înaintea acestei epoci, deşi notele de subsol sînt tot atît de vechi ca şi erudiţia însăşi — de comparat termenul însuşi de *scholia?* folosit în trecut pentru notele de subsol — nu exista nimic asemănător acestei atitudini cu privire la sporirea cunoştinţelor.

Dacă, prin urmare, prototipul articolului ştiinţific modern este mai curînd o practică socială şi nu o

[3] Scholion (sing.) = notă marginală, comentariu explicativ. *CN.T.Y*

tehnică ide acumulare a unor cuante de informaţii, care a fost oare forţa puternică, care i-a dat naştere şi

care l-a menţinut în viaţă? Fără nici o îndoială, motivul a fost instituirea şi păstrarea proprietăţii intelectuale; adică nevoia, resimţită de oamenii de ştiinţă, de a-şi revendica, ca fiind ale lor proprii, cunoştinţele noi dobîndite — arta stabilirii drepturilor de prioritate, care nu este niciodată lipsită de duritate.

Robert Merton a analizat în două articole'[1] în care a sesizat just faptele, felul în care revendicările şi disputele de prioritate au fost prezente mereu de-a lungul celor cîteva secole trecute ale ştiinţei. Fenomenul apare ca un fir conducător în istoria ştiinţei, întreţesut în întîmplările tuturor oamenilor, în toate ţările. Se cuvine să constatăm că înţelegerea caracterului social al acestor dispute este mai importantă pentru istorie, decît simpla rezolvare a revendicărilor respective.

Rezultă clar din dovezile disponibile că descoperirea multiplă (simultană) — adică descoperirea de către doi sau mai mulţi indivizi, care lucrează separat — are loc cu o frecvenţă remarcabilă, că ea dă naştere deseori unor discuţii între părţile în cauză cu privire la prioritate şi că disputele pot fi însoţite de cele mai amare şi violente patimi de care sînt capabili protagoniştii. Multe

[4] Robert Merton, *Priorities in Scientific Discovery: a Chapter in the Sociology of Science* (Priorităţi în descoperirile ştiinţifice: un capitol al sociologiei ştiinţei), în „American Socio- logical Review", 22/1957, 635; *Singletons and Multiples in Scientific Discovery: a Chapter in the Sociology of Science* (Unicatele şi multiplii în descoperirile ştiinţifice; un capitol al sociologiei ştiinţei), în „Proceedings of the American Philosophical Society, 105/octombrie 1961, p. 470. lucruri importante despre viaţa ştiinţei se pot învăţa din această analiză.

Mai întîi, această multiplicitate a descoperirii capătă proporţii atît de mari în atît de multe cazuri, încît putem fi convinşi că ea este un fapt larg răspîndit şi nu o raritate întîmplătoare. După cum observă Galton: „Cînd merele sînt coapte ele cad uşor". Putem merge mai departe, aşa cum a făcut-o Kuhn[XXVII], şi să observăm că deşi unele descoperiri, ca de pildă aceea a razelor X sau a oxigenului, ne iau complet prin surprindere, există multe, mult mai multe descoperiri care sînt mai mult sau mai puţin aşteptate şi în direcţia cărora lucrează simultan mai mulţi oameni. Această din urmă categorie este tocmai aceea în care se întîlneşte descoperirea multiplă şi prioritatea disputată, deşi este probabil că cei angajaţi în discuţie ar susţine cu înflăcărare că importanta lor descoperire nu era de loc aşteptată şi că adversarul lor, fie că a furat ideea, fie că n-a făcut decît să descopere prin inadvertenţă numai o parte a lucrului esenţialmente nou.

Cifrele citate de Merton şi Barber[XXVIII], privind incidenţa istorică a descoperirilor multiple de diferite grade, ne dau putinţa să verificăm, într-un mod extrem de instructiv, modelul pomenit al „mărului copt". Dacă sînt 1 000 de mere într-un pom şi dacă 1 000 de oameni legaţi la ochi se străduiesc să culeagă la întîmplare un măr, care sînt oare şansele pentru un om de a obţine un măr sau de a apuca mîna unui alt culegător sau chiar mai multe mîini? Aceasta este o întrebare directă de probabilitate statistică. Cu

XXVII Thom a s S. Kuhn, *Historical Structure of Scientific Discovery* (Structura istorică a descoperirilor ştiinţifice) în „Science" 136, 1 iunie 1962, p. 760.

XXVIII Citate de R. Merton în *Proceedings of the American Phi- losophical Society* (Analele Societăţii Filozofice Americane), 105, octombrie 1961, p. 483.

ajutorul distribuţiei Poisson aflăm că 368 de oameni vor reuşi şi că restul de 623 de oameni va fi implicat în 264 de cazuri de revendicări con testa tare:

Tabelul 3

DISTRIBUŢIA POISSON ŞI DESCOPERIREA SIMULTANĂ

Numărul de descoperiri simultane	*Cazuri după datele lui Merion*	*Cazurile referitoare la 1 000 de mere si*
0	**nedeterminate**	**368**
1	**lipsesc datele**	**368**
2	**179**	**184**
3	**51**	**61**
4	**17**	**15**
5	**6**	**3**
6 sau mai multe	**8**	**1**

Concordanţa dintre aşteptări şi fapte, cel puţin pentru dublete, triplete şi cuadruplete de descoperiri simultane, este izbitoare, dar nu trebuie să i se atribuie o prea mare încredere. Pentru a ajusta datele s-au făcut două presupuneri arbitrare: mai întîi că s-a pornit cu 1 000 de culegători sau descoperitori şi apoi că în medie va exista un premiu (o descoperire) pentru fiecare. Prima presupunere este raţională, fiindcă nu se poate evita ajustarea datelor, faţă de un total oarecare al populaţiei. A doua presupunere este mai greu de justificat, mai ales că ea implică 368 de mere care nu au fost culese de loc, adică descoperiri care nu au avut loc din cauza mîinilor care s-au suprapus. Ca o primă aproximaţie notăm, totuşi, că numai 37 la

sută din căutători îşi vor putea stabili pretenţii necontestate şi că restul de 63 la sută va fi în situaţia de descoperire multiplă. In cadrul descoperirilor efectiv realizate, situaţia este ceva mai luminoasă:

aproximativ în 58 la sută din cazuri ele aparţin unui singur descoperitor şi numai 42 la sută se împart între doi sau mai mulţi descoperitori.

La a doua aproximaţie datele ne indică mai multe situaţii decît cele aşteptate în condiţiile unor alegeri la întîmplare care implică cinci sau mai mulţi culegători simultani. Poate că merele mai mari şi care par gata să cadă mai repede atrag o mai mare parte de culegători decît li se cuvine, dar aceasta nu constituie decît un amendament minor al fenomenului brut.

Nu toate cazurile de descoperire multiplă sfîrşesc în dispute de prioritate aprig contestate. Merton ne arată că această tendinţă a scăzut pe măsură ce ne obişnuim cu ideea că este firesc să avem descoperiri simultane, proporţia contestaţiilor fiind de 92 la sută în secolul al şaptesprezecelea, de 72 la sută în al optsprezecelea, de 59 la sută în jumătatea a doua a secolului al nouăsprezecelea şi de 33 la sută în prima jumătate a secolului de faţă.

Chiar la aceste procente, patimile deslănţuite şi volumul mare al descoperirilor simultane, care par a fi existat de-a lungul istoriei cunoscute a periodicului ştiinţific, ne face să fim circumspecţi cu privire la rolul acestui mijloc de comunicare. Dacă menirea lui este aceea de a procura informaţii asupra evenimentelor recente, atunci trebuie să recunoaştem că serviciile sale au fost foarte slabe cu privire la împiedicarea suprapunerii cercetărilor. Culegătorii de mere par să acţioneze mai curînd ca şi cum ar fi legaţi la ochi în faţa eforturilor celorlalţi şi nu ca oameni care posedă din timp informaţiile care să-i facă să-şi întindă mîinile către unul din numeroasele fructe neatinse. Dacă publicarea articolelor nu are rostul să procure informaţii asupra evenimentelor recente, nu este cazul că ne mai plîngem de suprapunerea cercetărilor.

Articolul ştiinţific pare deci să-şi datoreze existenţa nevoii fixării drepturilor, provocată de desele eforturi suprapuse. Originea sa socială constă în dorinţa fiecăruia de a-şi înregistra dreptul la descoperire şi de a-1 păstra pentru sine însuşi. Numai întîmplător un articol serveşte ca purtător de informaţie, înştiinţare despre noi cunoştinţe, difuzată spre binele întregii lumi şi care acordă un avantaj gratuit tuturor concurenţilor eventuali. în adevăr, în secolele trecute, nu era neobişnuit ca un Galileu, un Hooke sau un Kepler să-şi anunţe descoperirea sub forma unei criptograme de litere amestecate unele într-altele pentru a-şi păstra astfel prioritatea, fără însă a furniza informaţia, care ar fi putut ajuta pe rivalii lor. In zilele noastre, aşa cum a evidenţiat Reif, concurenţa intensă de a publica ,,cît mai repede şi cît mai mult“ pentru cîştigarea de prestigiu a avut drept rezultat o lungă serie de abuzuri şi de mari emoţii, mergînd de la publicaţii ilicite în *New York Times* pînă la cazurile rare de pretenţii frauduloase[XXIX].

De ce omul de ştiinţă procedează în acest mod constituie o altă întrebare. Am sentimentul că răspunsul poate implica o analiză psihologică profundă a caracd terului omului de ştiinţă. La rădăcina problemei se găseşte diferenţa fundamentală, care există între efortul de creaţie în ştiinţă şi în artă[0]. Dacă Michelangelo sau Beethoven nu ar fi existat, operele lor ar fi fost înlocuite prin contribuţii cu totul diferite. Dacă Copernic sau Fermi nu ar fi existat niciodată, contribuţii esenţialmente asemănătoare cu ale lor ar fi trebuit să vină de la alţi oameni. De fapt, nu există decît ,o singură lume care trebuie descoperită, iar pe măsură

XXIXF. Reif, *The Competitive World of the Pure Scientis* {Lumea competitivă a omului de ştiinţă pură), în „Science" 134, decembrie, 15, 1961, 1957—62.

ce fiecare fragment de cunoaştere este dobîndit, descoperitorul trebuie onorat sau uitat. Creaţia artistului este profund personală, în timp ce aceea a omului de ştiinţă are nevoie de a fi recunoscută de către semenii săi. Turnul de fildeş al artistului poate fi o celulă pentru un singur om; turnul de fildeş al omului de ştiinţă trebuie să conţină multe apartamente, astfel ca el să fie cazat printre semenii săi.

Din această analiză decurg două implicaţii importante. Prima: comunicările ştiinţifice, prin intermediul articolului publicat, sînt şi au fost întotdeauna un mijloc de rezolvare a conflictelor de prioritate, prin stabilirea drepturilor şi nu un mijloc de evitare a conflictelor prin transmiterea de informaţii. A doua: pretenţiile asupra proprietăţii ştiinţifice sînt vitale pentru felul de a fi al omului de ştiinţă şi al instituţiilor sale. Pentru aceste motive oamenii de ştiinţă simt un îndemn puternic de a scrie articole, dar unul relativ slab de a le citi. Pentru aceste motive există o organizare socială importantă a oamenilor de ştiinţă al cărei scop este să stabilească şi să asigure prestigiul şi prî-

[8] Un început al unei asemenea analize a fost întreprins de către Karl W. Deutsch în *Scientific and Humanistic Kno- wledge in the Growth of Civilisation* (Cunoştinţele ştiinţifice şi umaniste în creşterea civilizaţiei), în „Science and the Creative Spirit" (Ştiinţa şi spiritul creator), Toronto, Ont. University of Toronto Press, 1958, pp. 3—51. oritatea, pe care ei le doresc, prin mijloace mult mai eficiente decît cel tradiţional al publicaţiei în reviste.

Cînd se vorbeşte despre problema informării în ştiinţă, cred că este important să nu se confunde această materie cu aceea care a fost descrisă mai sus. Timp de trei secole ştiinţa s-a obişnuit efectiv cu o pletoră de descoperiri multiple şi de pretenţii de prioritate con-

testate. La fiecare cotitură a istoriei trecute era regretabil că ideile lui *X* nu erau cunoscute de Y. Această suprapunere a fost cît se poate de supărătoare şi nu există nici o dovadă clară că între timp situaţia s-a îmbunătăţit sau s-a înrăutăţit.

Poate că nu deznădejdea este aceea care ne sfătuieşte să presupunem că ştiinţa a cunoscut o viaţă viguroasă dacă nu chiar fericită, prin faptul că s-a hrănit din dispute şi „paralelisme[11]. Poate că este chiar de dorit ca multe din descoperirile importante să fie repetate de două sau de trei ori, într-un mod separat şi oarecum deosebit. Poate că oamenii înşişi trebuie să recreeze asemenea descoperiri înainte de a păşi cu folos şi efectiv spre stadiul următor. Se pare că în prezent disputele se referă mai puţin la suprapuneri, care cantitativ au rămas aceleaşi, dar este posibil ca aceasta să nu însemne decît că mînia noastră s-a îndreptat împotriva societăţilor, a editurilor, a bibliotecarilor, a editorilor care par a conspira pentru a ne lăsa într-o situaţie care favorizează paralelismele. Totuşi să fim drepţi. Ne putem plînge că ei n-au înlăturat această piatră de poticnire din calea noastră, dar nu ne putem plînge că situaţia s-a înrăutăţit. Este greu de conceput că această situaţie ar fi putut fi mai proastă. Problema noastră referitoare la informare, presupunînd că ar exista o asemenea problemă, este de altă natură.

Să privim mai întîi problema organizării literaturii ştiinţifice în termeni de *input* şi *output* pentru fiecare om. Am văzut că omul de ştiinţă normal poate publica, în decursul vieţii sale, un număr de articole care variază de la minimum unu la mai multe sute şi că linia de hotar dintre numărul mare sau mic de articole se situează în jurul mediei geometrice a acestor limite. Să examinăm acum cît trebuie să citească omul de ştiinţă

pentru a produce aceste articole. Este de presupus că la începutul carierei sale, profesorii săi şi lectura sa de bază formată de cărţi şi de literatura curentă pe un anumit subiect l-au plasat în prima linie a cercetării şi că de la acest punct, este posibil ca el să fie în măsură să se aventureze singur pe mări necunoscute. Dacă acest om rămîne într-un domeniu în care el este singurul exponent, el nu mai poate citi nimic altceva în afară de propriile sale articole. Aceasta este viaţa pionierului singuratic, care nu are nevoie să citească reviste şi care publică (în cazul cînd o face) numai pentru binele generaţiilor viitoare.

Dar, de obicei în viaţă situaţia este diferită. Omul care ajunge pe frontul cercetării găseşte aci şi pe alţii de aceeaşi formaţie profesională de bază în acelaşi domeniu, care se ocupă de aceleaşi probleme şi care caută să culeagă mere din acelaşi pom. El va voi să urmărească lucrările acestor indivizi asemănători lui, care sînt rivalii şi egalii săi. Acest om va tinde să depăşească progresele dobîndite de ei, mai curînd decît să le repete. Faţă de câţi indivizi se poate comporta în acest mod? Presupun că răspunsul ar fi de ordinul unei sute. Desigur, un individ poate citi un articol pentru fiecare articol pe care îl scrie el însuşi. Tot atît de sigur este că el nu poate urmări 10 000 de articole pentru fiecare articol al său, deoarece la acest ritm omul nostru, care scrie 100 de articole în cursul vieţii, ar însemna să citească un milion de articole, ceea ce echivalează cu peste 60 de articole pe zi.

Un alt mod de a deduce această proporţie este de a ne gîndi la numărul de persoane cu care un om de ştiinţă remarcabil poate face schimb de extrase imprimate sau de manuscrise, poate întreţine corespondenţă profesională şi cu care eventual poate colabora la un nivel rezonabil şi cuprinzător. Editorii păstrează

evidenţa cumpărărilor de extrase reimprimate, dar eu nu am cunoştinţă dacă astfel de cifre au fost publicate. Presupunerea mea este că pentru fiecare lucrător ştiinţific există cîteva sute de colegi. Desigur că în cazul nostru, avem de-a face cu numere de oameni *reali* şi nu cu numere de articole datorate unor oameni *eficaci.* In realitate noi citim destule articole scrise de oameni care nu figurează pe listele noastre şi în schimb, ignorăm unele din producţiile propriilor noştri prieteni.

Mai există încă un alt mod de a privi această proporţie. Norma numărului de articole indicate ca referinţe într-o lucrare de cercetare a fost, mulţi ani de-a rîndul, constantă, menţinîndu-se la ceva mai puţin de zece. Dacă presupunem că citim, cu destulă grijă pentru a le putea cita, circa 10 articole pentru fiecare articol pe care îl citǎm efectiv, atunci am avea circa 100 de articole citite pentru fiecare articol publicat. Tendinţa noastră de a repeta cu fidelitate citate din articolele favorite şi din cele mai utile nu face decît să reducă cifra de mai sus.

Se pare, deci, că nu putem mînui decît un input efectiv care nu depăşeşte decît de cîteva sute de ori volumul producţiei noastre. Este posibil ca acei care scriu puţin să dispună de mai mult timp pentru lectură, decît cei prolifici, astfel că se stabileşte un fel de echilibru. Se poate ca adevăratul cercetător să nu citească de loc, dar în schimb să primească input-ul în alt mod, pe cale orală sau socială. In ansamblu, se poate ţine pasul cu un grup colegial, care cuprinde cîteva sute de membri, dar nu cu un grup de 10 000[xxx].

XXX Se poate totuşi explora un grup de această dimensiune sau chiar mai mare, folosind de exemplu unul din periodicele de rezumate pentru a găsi micul grup; (care interesează — *N.T.).*

Totuşi, din moment ce toate aspectele ştiinţei cresc exponenţial, cu remarcabila rapiditate a unui factor de 10 în 50 de ani, apare limpede că atunci cînd un subiect a atins stadiul în care primii doisprezece protagonişti încep să se alimenteze reciproc din articolele lor şi să-şi urmărească priorităţile şi progresele, este greu de presupus că acest subiect poate rămîne intact ca un domeniu rezervat altei generaţii. Cînd în cursul creşterii naturale el începe să depăşească numărul postulat de cîteva sute de membri, fiecare îşi va da seama de imposibilitatea de a urmări acest domeniu în mod adecvat.

La fiecare stadiu al acestui drum parcurs, lucrările acumulate pot fi condensate în articole de reviste şi chiar în manuale. De pildă, iniţiatorul unui asemenea domeniu — care la sfîrşitul vieţii sale active ar privi în urmă asupra unui număr să zicem de 100 de articole proprii şi a unei liste efective înglobînd lucrările a 100 de colegi — poate reuni o bibliografie de 10 000 de articole, condensate în mod adecvat într-o revizuire critică a stadiului cunoştinţelor în domeniul respectiv. Dar aceasta nu rezolvă problema curentă a unui număr, care depăşeşte cîteva sute de oameni, fiecare dintre aceştia încercînd să se ţină la curent cu lucrările celorlalţi.

Unul din modurile tradiţionale de exprimare a unor asemenea grupuri este înfiinţarea unui organ ştiinţific nou, o revistă care constituie mijlocul lor de comunicare. O participare de cîteva sute de membri poate fi sporită la o mie sau chiar mai mulţi indivizi care activează fragmentar sau marginal în cadrul grupului. Dacă se adaugă la aceasta listele de abonamente ale bibliotecilor, care hotărăsc că revista le este utilă, precum şi cota obişnuită de diferite subvenţii, se atinge minimul economic pentru un asemenea efort

publicistic.

Incidental, aceasta ne oferă şi un control asupra proporţiei de 100, stabilite de noi. De la începutul ştiinţei s-au publicat aproximativ 10 milioane de lucrări ştiinţifice, la care se adăuga, în cadrul unei dublări la fiecare 10 ani sau al unui spor anual de circa 6 la sută, aproximativ 600 000 de articole noi, anual. Acestea apar în aproape 30 000 de reviste curente, ceea ce înseamnă că fiecare din ele cuprinde în medie 20 de articole pe an. Pe de altă parte, 10 milioane de lucrări implică existenţa a aproximativ trei milioane de autori, majoritatea cărora, datorită creşterii exponenţiale, sînt în viaţă astăzi. Prin urmare, există aproximativ o revistă pentru fiecare 100 de autori. începînd din secolul al şaptesprezecelea, păcatul obişnuit al tuturor fondatorilor de reviste a fost acela de a-şi închipui că revista lor era cea menită să pună capăt tuturor celorlalte reviste din domeniul special al materiei respective[XXXI].!

Este îndoielnic că vreun grup format din cititorii unei asemenea reviste a rămas un grup închis după apariţia primului număr. Membrii grupului citesc în mod invariabil mai multe publicaţii decît cele ce le sînt prescrise de către colegul lor editor. Ceva mai mult, membrii altor grupuri descoperă că „meniul“ lor poate fi îmbunătăţit, dacă la rîndul lor vin să „vîneze prin braconaj “ pe terenul altora. Astfel, deşi nu există decît o medie de 100 de oameni de ştiinţă de fiecare revistă, totuşi această medie se poate ridica la circa 1 000 de oameni de ştiinţă, dacă fiecare om urmăreşte 10 peri-

XXXI Merită să cercetăm motivul invocat de aceşti fondatori. De comparat, întâmplarea în care două fetiţe din clasa a patra pun stăpînire pe „clubul lor de dezbateri" printr-o metodă pe

odice.

Aceste suprapuneri, ca şi acelea din descoperirile multiple generează pasiuni şi reduc eficienţa. Ceea ce se urmăreşte este expansiunea adiabatică[11], care s-ar putea realiza dacă ştiinţa ar putea fi compartimentată în spaţii etanşe, adică dacă un individ dintr-un domeniu n-ar trebui niciodată să-şi extindă lectura de cercetare în nici un alt domeniu. Dar, evident ştiinţa are oroare de o asemenea fragmentare. Chiar separarea chimiei de fizică, atunci cînd materia filozofiei naturii a fost împărţită, a dat naştere, în mod automat, disciplinelor de chimie fizică şi de fizică a chimiei, astfel încît fiecare secţiune a avut nevoie de o permanentă supraveghere din partea celorlalte secţiuni adiacente. Suprapunerea domeniilor de cercetare constituie un fel de embargo, pe care natura îl exercită împotriva impulsului de a diviza şi a stăpîni.

care ele o descriu ca pe un „mijloc drept şi cinstit prin care oricare grup preia orice club — anume captura aparatului de mimeografiat“.

[11] Transformarea adiabatică este o transformare care se efectuează fără schimb de căldură cu exteriorul *(N.T.).*

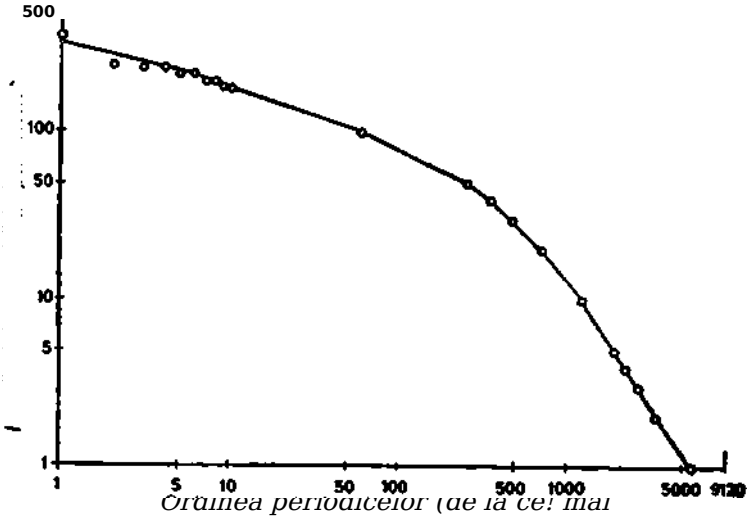


FIG. 16. UTILIZAREA REVISTELOR (ADICĂ NUMĂRUL CONSULTĂRILOR ÎNTR-UN AN DAT) ÎN ORDINEA DESCRESCÎNDĂ A FOLOSIRII LOR

După cum este de aşteptat, revistele nu sînt astfel distribuite încît fiecare număr sau fiecare articol să fie citit de 10 persoane. O lucrare a lui Urquhart[XXXII], devenită clasică, a analizat 53 000 de cereri de împrumut la domiciliu, înregistrate la Biblioteca centrală ştiinţifică din Londra în anul 1956, privitoare la cele 9 120 periodice ştiinţifice diferite din depozitul său, din care peste 1 300 nu erau curente (fig. 16). Peste 4 800 din titlurile curente nu au fost folosite de loc în cursul anului, iar 2 274 au fost folosite o singură dată. La capătul celălalt al scării, revista cea

XXXII D. J. Urquhart, *Use of Scientific Periodicals* (Folosirea periodicelor ştiinţifice), Internaţional Conference on Scientific Information, Naţional Academy of Sciences Naţional Research Council, Washington D.C., 1958 pp. 277—90. Tab. II, VII.

mai solicitată a avut 382 de cereri, 60 de titluri au fost cerute fiecare de peste 100 de ori, iar o jumătate din cereri au putut fi satisfăcute de 40 de reviste de vîrf. Mai puţin de 10 la sută din periodicele disponibile au fost suficiente pentru a satisface 80 la sută din cereri.

Această distribuţie referitoare la rangul pe care-1 ocupă revistele este echivalentă aceleia pe care am întîlnit-o în distribuţia productivităţii ştiinţifice. Există aceeaşi curbă Pareto ca şi în distribuţiile de venituri sau în dimensiunile oraşelor, evident în mare măsură pentru aceleaşi motive. Astfel, „cititorii revistelor'[1] sînt distribuiţi în acelaşi fel ca şi locuitorii oraşelor; există aceeaşi tendinţă spre cristalizare şi acelaşi echilibru între creşterea exponenţială a membrilor mai importanţi şi între numărul crescînd al celor mai puţin importanţi. Din moment ce linia despărţitoare este trasată de rădăcina pătrată a întregii populaţii, se poate afirma că deşi există 30 000 de reviste, pentru jumătatea lecturilor efectuate se folosesc numai cele 170 publicaţii dintre cele mai populare.

Proporţiile folosirii par în mod intuitiv să constituie un test mai bun al calităţii decît criteriul nostru anterior, al productivităţii. Din nefericire, deşi posedăm cifre care ne arată utilitatea revistelor în termenii ratei lor de folosire de către un număr mare de oameni, nu posedăm cifre comparabile pentru articolele luate individual. Pare aproape inevitabil, chiar numai din motive de ordin calitativ, să fie valabile aceleaşi condiţii şi să existe o distribuţie tip Pareto, care leagă ierarhia publicaţiilor celor mai populare de la capătul de sus al scării de un grup de rang inferior folosit numai de două ori sau o singură dată, sau poate chiar niciodată. Ar urma deci că toate afirmaţiile făcute pînă în prezent despre numărul de cercetători buni faţă de

cercetătorii slabi ar fi valabile, dacă am poseda datele necesare, mai curînd pentru o măsurare reală a calităţii, decît pentru măsurarea — recunoscută a avea un caracter brut — a cantităţii. Se ştie că în nici un caz rangurile indivizilor pe cele două scări nu vor corespunde, dar se poate afirma cu oarecare siguranţă că există o corelaţie semnificativă între soliditatea calitativă şi soliditatea cantitativă. Totuşi, dat fiind că, din fericire, nu ne incumbă nouă să furnizăm asemenea măsurători pentru indivizi, tot ce trebuie să ştim este că mecanica statisticii forţei de muncă ştiinţifice şi a literaturii este supusă acestor legi generale[XXXIII].

Din existenţa acestor curbe de distribuţie stabile şi regulate rezultă, de asemenea, că putem justifica acum pe o bază teoretică, procedura noastră — pînă în prezent empirică — de a folosi numărul brut al periodicelor sau al articolelor ca un indice al dimensiunii ştiinţei. Acum ştim că orice măsurare a numărului total de reviste, articole sau de persoane ne va da numărul corespunzător de reviste, articole sau persoane importante. Se va vedea că o uşoară modificare a definiţiei — de pildă, incertitudinea cu privire la nivelul minim admisibil pentru ca o revistă să fie considerată ştiinţifică — nu va face decît să mărească dimensiunea extremităţii din coadă. Acesta este motivul pentru oare, chiar cele mai vagi definiţii dau rezultate utilizabile şi creşteri exponenţiale regulate.

XXXIII Cu privire la aceasta, majoritatea oamenilor de ştiinţă îşi vor manifesta dezamăgirea. Bănuiesc că ei nutresc speranţa ascunsă că se va descoperi o normă pentru judecarea obiectivă a propriului lor calibru şi a propriei lor reputaţii. Această dorinţă vie de a primi o recunoaştere neîntinată de subiectivitatea umană este, în sine, un fenomen psihologic interesant.

După ce am presupus că volumul folosirii oferă o măsură rezonabilă pentru importanţa ştiinţifică a unei reviste sau a muncii unui om, să aplicăm această presupunere articolului ştiinţific în general. Să examinăm folosirea unui articol, după referirile ce se fac la el în alte articole. Va trebui să ignorăm practica, evident neîngăduită, a unor autori care citează cu preferinţă propriile lor articole, pe acelea ale prietenilor apropiaţi sau pe acelea ale oamenilor de ştiinţă puternici şi importanţi care conferă greutate propriei lor lucrări. Vom privi în acelaşi timp cu îngăduinţă practica de a scrie mai întîi articolul şi de a-i adăuga apoi, pentru a-1 împodobi, o cotă conformă cu canoanele, de o duzină de citate — asemenea coloanelor greceşti ale unei clădiri din oraşul Washington — deoarece este de presupus că aceasta nu încarcă prea mult conştiinţa faţă de valoarea acelor lucrări care au servit ca bază lucrării în cauză.

Presupunem, deci, că o lucrare în domeniul cercetării este alcătuită din lucrarea proprie a unui om, dintr^un corp de cunoştinţe comune, care nu necesită nici un citat specific şi în medie, din alte 10 articole la care se fac trimiteri. Să considerăm acum un domeniu în care de la începutul timpurilor s-a publicat un total de N lucrări. Dacă acest domeniu se dublează la fiecare deceniu, aşa cum se întîmplă cu domeniile viguroase, în anul următor el va produce o recoltă adiţională de 0,07 N articole, iar acestea vor conţine 0,7 N trimiteri la acumularea anterioară de N articole. Prin urmare, în medie, fiecare din cele N articole va fi citat de către noile articole de 0,7 ori într-un an. Totuşi noi am presupus că incidenţa citării şi a trimiterilor, din moment ce ele măsoară utilitatea diferitelor articole, nu poate fi distribuită în mod uniform. Unele articole vor fi citate într-o măsură mult mai mare ca altele.

Unele vor rămîne neobservate şi nu vor fi citate niciodată[XXXIV].

Să privim mai întîi modul în care citatele par a descreşte în raport cu vîrsta surselor. S-a observat în repetate rînduri[XXXV] că dacă toate referinţele, citate într-un singur număr al unei reviste sau în volumul referitor la un anumit an, sînt triate după vechimea datei lor, numărul referinţelor scade rapid cu cît ele sînt mai vechi. Fussler[XXXVI] a cercetat o serie de reviste de fizică şi de chimie din date diferite şi a arătat că deşi ele cuprindeau citate din articole cu o vechime chiar de 150 de ani, descreşterea în raport cu vechimea citatelor era evidentă. O jumătate din trimiterile din domeniul chimiei se refereau la articole cu o vechime mai mică de opt ani, iar în fizică o

XXXIV Articolele se comportă ca populaţia umană, numai că se pare că este nevoie de un cuorum de circa 10 articole pentru a produce unul nou şi nu numai de un cuplu alcătuit dintr-un bărbat şi o femeie. Am arătat mai sus că procreaţia urmează o rată constantă.

XXXV Vezi, de exemplu, F. H. Westbrook, *Identifying Significant Research* (Identificarea cercetărilor semnificative) în „Science“ 132, octombrie 28, 1960, 1229—34; Idem Paul W e i s s, *Knowledge, a Growth Process* (Cunoaşterea, un proces de creştere) în „Science" 131, iunie 1960, 1716; discuţia lămuritoare care a urmat între S. J. G o f f a r d şi C. D. W i n d 1 e, în „Science", 132, 2 septembrie 1960, p. 625.

XXXVI[w] Herman H. Fussler, *Characteristics of the Research Literature used by Chemists and Physicists in the Vnited Sta- tes* (Caracteristicile literaturii de cercetare folosită de chimişti şi fizicieni în Statele Unite), Library Quarterly, 19 (1949), 19—35; 20 (1950), pp. 119—143.

jumătate din trimiteri privea articole ce fuseseră publicate în cei cinci ani precedenţi. Din nefericire, datele sînt serios afectate

de faptul că jumătate din eşantioanele folosite de Fus- sler se referă la anii de război 1919 şi 1946.

O analiză mai adîncă a perioadei de înjumătăţire a vieţii utile a articolelor se poate întemeia pe investigaţiile bibliotecarilor cu privire la ritmul utilizării volumelor legate (colecţiilor) din seriile de periodice (fig. 17). In bibliotecile mai mari, printre marile cantităţi de aseme-

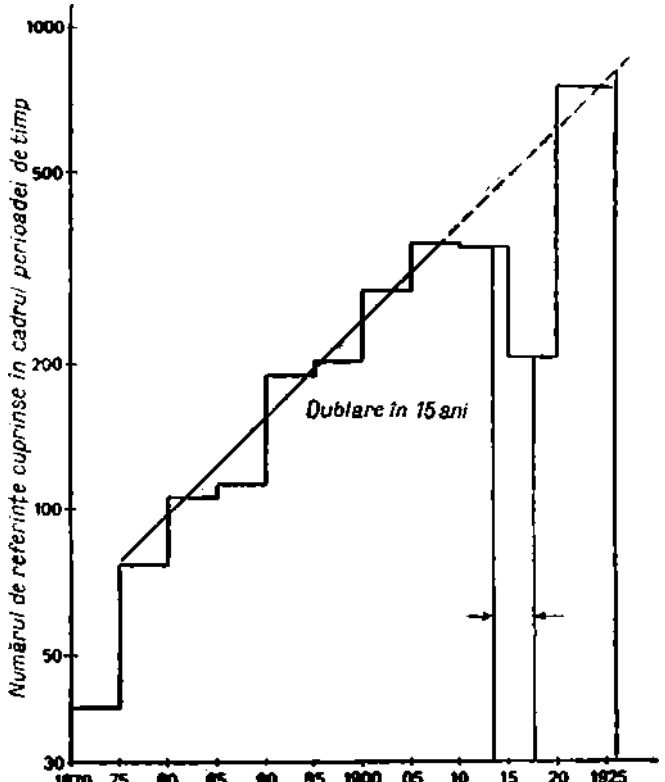


FIG. 17. PERIOADA DE ÎNJUMĂTĂŢIRE A VIEŢII LITERATURII ŞTIINŢIFICE Cifre obţinute din distribuţia pe date a tuturor referinţelor citate în colecţia anului» 1926 a unui periodic ştiinţific. De notat că, cu excepţia unei

perioade de dnd ani, care cuprinde primul război mondial, numărul .de trimiteri scade potrivit unui factor egal cu doi in interval de 1$ ani

nea reviste, s-a constatat în repetate rînduri că folosirea lor scade cu un factor egal cu doi, în cursul unei perioade de ordinul a nouă ani. Datele culese de P. Gross şi E. Gross[XXXVII] asupra trimiterilor făcute într-un singur volum (1926) al publicaţiei *Chemical literature,* indică o înjumătăţire a numărului trimiterilor la fiecare 15 ani de creştere a vechimii.

Cu toate că această descreştere este izbitoare, trebuie să se ţină seamă că de fapt volumul literaturii în fiecare domeniu creşte exponenţial şi că, deci, se dublează la fiecare interval de 10 pînă la 15 ani. De aceea, ca o primă aproximaţie, numărul de trimiteri făcute la o anumită dată pare a fi proporţional cu totalul literaturii disponibile la acea dată. Astfel, deşi o jumătate din literatura citată va avea, în general, o vechime inferioară unui deceniu, este limpede că în linii mari orice articol o dată publicat va avea o şansă constantă de a fi folosit la toate datele următoare[XXXVIII].

Acest rezultat, oarecum surprinzător, poate fi modificat prin ameliorarea aproximaţiei noastre. In acele domenii, care au tendinţa de a-şi cinsti pionierii, atribuindu-le o faimă eponimică — botezînd legi constante sau specii după numele lor — se poate constata că lucrările valoroase se îmbunătăţesc de fapt cu trecerea timpului şi că şansele lor de a fi citate sporesc, în domeniile copleşite de un torent de literatură va exista o tendinţă de a înmormînta o parte cît mai mare cu putinţă a trecutului şi de a cita articolele mai vechi mai

XXXVII P. L. K. Gross şi E. M. Gross, *College Libraries and Chemical Education* (Biblioteci de colegii şi învăţămîntul în chimie), în „Science“ 66, octombrie 28, 1927, pp. 385—389.

XXXVIII De fapt o rată constantă de citare asigură creşterea domeniului în cauză cu dobîndă compusă, astfel încît creşterea este exponenţială.

rar decît li s-ar cuveni după frecvenţa medie statistică. Această tendinţă este vizibilă în revista *Physi- cal Review Letters,* care realizează cea mai mare operativitate posibilă în publicarea lucrărilor.

In acest periodic, înjumătăţirea vieţii referinţelor a fost stabilă, de la înfiinţarea ei, ea survenind la aproximativ 2 1/2 ani, ceea ce arată că o jumătate din totalul referinţelor este mai recentă decît acest interval. Or, perioada ultimilor 2 1/2 ani din literatura de fizică conţine mai puţin decît o treime din totalul lucrărilor publicate în cursul ultimului deceniu, iar acest deceniu, desigur, cuprinde jumătate din tot ce s-a tipărit vreodată. Persoanele care publică în revista amintită sînt deci în măsură, prin publicarea rapidă, să fie în contact cu mai puţin de o treime din toate articolele care în mod normal ar fi în cauză. Drept compensaţie, articolele din domeniul respectiv trebuie în mod necesar să fie citate de aproape trei ori mai frecvent şi ca urmare, numărul de suprapuneri de citate este mult sporit.

Dar există o probabilitate sporită ca articolele care cuprind aceleaşi citate să se refere la aceeaşi temă. Astfel mărirea eficienţei ratei cu care se pot formula revendicări de prioritate pare a produce automat o sporire a incidenţei acestor revendicări sau cel puţin materia primă pentru aceste revendicări. Există o conexiune inversă care acţionează în sensul minimizării unei părţi a avantajului dobîndit prin publicarea rapidă a lucrărilor[XXXIX].

Să examinăm acum modul în care referinţele şi cita-

XXXIX De aceea ajung la concluzia că o întrecere ştiinţifică pentru a ajunge primul la capătul cursei provoacă o mare risipă şi că orice lucru care micşorează răsplata pentru o astfel de reuşită este binevenit. Astfel poate că este bine ea autorii să

tele sînt distribuite, altfel decît în funcţie de data lor. Dacă orice populaţie de articole ar fi clasificată într-o ierarhie, avînd în vîrf articolul cel mai citat al anului şi la capătul de jos pe cele folosite ca referinţă numai o singură dată sau chiar de loc, este evident că ar rezulta o distribuţie de tip Pareto similară aceleia găsite pentru utilitatea revistelor ştiinţifice. In acest caz s-ar putea afirma, dacă ar exista informaţia necesară, că o jumătate din totalul citatelor a fost extrasă din- tr-un mic grup de articole, existente în acel moment. S-ar putea presupune, din considerente de ordin pur calitativ, că 100 de articole dintr-un număr de 10 000 furnizează aproximativ o treime din citate. Pe de altă parte, vor exista, în mod inevitabil, mai multe mii de articole care se pierd sau care sînt citate atît de rar încît nu vor ajunge să fie cunoscute pe plan general. Este imposibil de ştiut în ce măsură această pierdere este meritată şi justă, dar un număr mare de autori neglijaţi vor avea sentimentul că ea este nemeritată şi injustă. Există relatări care constituie un avertisment cu privire la articolele redescoperite, ca acela al lui Mendel, pentru a ne face să simţim că aceste pierderi trebuie minimizate.

Aşa fiind, problemele esenţiale ale forţei de muncă ştiinţifice şi ale literaturii au un dublu aspect. La vîrf, problema critică este predominant aceea a tehnologiei factorilor umani: aranjamente care permit interacţiunea între oamenii de cel mai înalt nivel, grupaţi în- tr-un număr de persoane maniabil, ţinînd seamă de fie privaţi de posibilitatea de a-şi vedea numele publicat. S-ar putea considera ca o cinste şi o recompensă suficiente faptul că li se permite să activeze în cadrul unei echipe. faptul că marile reviste continuă să corespundă unor grupuri naturale mari, precum şi aranjamente ca arti-

colele importante să fie pulese şi condensate în monografii şi texte normalizate. La extremitatea de jos problema este aceea a unei operaţii de tablou de comandă: cum poate să fie condus marele corp de oameni de ştiinţă şi de aspiranţi de valoare mijlocie pentru ca acest corp să ţină pasul cu fruntaşii; care este modul de a urmări revistele mai puţin importante şi articolele aproape neobservate, pentru a evita risipa? Vom vedea că există mai multe mecanisme diferite în funcţiune, fiecare dintre ele fiind actualmente într-o stare critică, în timp ce are loc tranziţia logistică de la *Ştiinţa mică* la *Ştiinţa mare.*

Primul fenomen demn de notat al tehnologiei factorilor umani este acela al apariţiei de noi grupuri de oameni de ştiinţă, grupuri compuse din maximum 100 de colegi. La început cînd într-o ţară numărul lor nu depăşea o sută, ei se puteau întruni în instituţii ca *Royal Society* sau *American Philosophical Society.* Ulterior, ei s-au putut scinda în societăţi specializate de aceeaşi dimensiune. Dar, chiar şi în ramurile cu sfera cea mai redusă există tendinţa să se depăşească acest număr de membri, iar grupurile mai mari cuprind zeci şi sute de mii de oameni. Este probabil că într-un grup de asemenea dimensiuni vor fiinţa, potrivit analizei noastre anterioare, cîteva grupuri de cîte 100 de persoane, fiecare cuprinzînd un număr de fruntaşi care acţionează reciproc unii asupra altora. Observăm că în prezent astfel de grupuri iau fiinţă, oarecum timid, ca entităţi separate.

Probabil că în timpul celui de-al doilea război mondial presiunea împrejurărilor ne-a silit să formăm asemenea grupuri de oameni şi să-i ţinem „sub cheie“ într-o izolare unde să se poată interacţiona. Anticipat le-

a fost trezit gustul de a colabora urgent în fizica nucleară, precum şi în domeniul radarului. Aceste grupuri sînt încă prezente în mijlocul nostru, prin cele cîteva sute de persoane care se întrunesc la „Conferinţa Rochester“ pentru studiul particulelor fundamentale şi prin acelaşi număr de persoane, care se întrunesc pe bază de invitaţii, pentru a discuta aspectele variate ale fizicii solidelor.

Forma de organizare nu este perfectă; este posibil ca unii dintre oamenii cei mai valoroşi să nu participe şi ca un număr redus din cei ce participă efectiv să nu corespundă calificărilor cerute, dacă s-ar aplica o judecată perfect obiectivă. Procedînd în mod conştiincios, s-ar putea încerca să nu se aplice o selecţie prea riguroasă, să nu fie împiedicat accesul unui domn din Ţara lui Baffin, care ar putea deveni un cercetător distins dacă i s-ar da putinţa. Dar există o limită o dimensiunii utile, iar dacă numărul invitaţilor este prea mare, prin forţa lucrurilor, va lua fiinţă un subgrup neoficial de membri care sînt într-adevăr cunoscători.

O asemenea activitate nu se mărgineşte nicidecum la cele două grupuri amintite. Astfel de organisme neoficiale există în biologia moleculară, în teoria calculatoarelor, în radioastronomie şi neîndoielnic în toate ştiinţele cu zeci de mii de participanţi. Potrivit teoriei noastre, ele sînt inevitabile, ele nu sînt produsul războiului şi nici nu reprezintă caracterul special al fiecărei discipline. Conferinţele nu sînt decît un simptom; nu mai este suficientă întrunirea, în fiecare an, a unor corpuri constituite; se simte nevoia continuităţii în contactele grupului de o sută.

Şi astfel aceste grupuri imaginează mecanisme pentru comunicări zilnice. Există un aparat elaborat pentru comunicări zilnioe. Există un aparat elaborat penei

şi de texte prealabile publicaţiei şi de texte preliminare ale lucrărilor în curs de elaborare şi ale rezultatelor care sînt pe cale de realizare[XL]. Existenţa unui asemenea grup poate fi diagnosticată prin verificarea listei unui autor privitoare la difuzarea textelor premergătoare publicaţiei şi apoi prin verificarea listei similare a fiecăreia din persoanele menţionate în prima listă. Cred că în acest caz se va descoperi repede un grup închis, cuprinzînd un număr mic de cîteva sute de persoane, selecţionate dintr-o populaţie mare de zeci de mii.

In afară de expedierea textelor prealabile publicaţiei membrii acestor grupuri găsesc căi şi mijloace pentru stabilirea unor contacte personale. Aceştia par a stăpîni arta de a obţine invitaţii de la centrele unde pot lucra alături de mai mulţi membri ai grupului respectiv pentru o perioadă scurtă. îndată ce au terminat, ei se deplasează la centrul următor şi la alţi membri. Apoi se reîntorc la baza lor de pornire, dar întotdeauna fidelitatea lor se manifestă mai curînd faţă de grup decît faţă de instituţia care-i sprijină, în afară de cazul cînd se întâmplă ca aceasta din urmă să fie o haltă pe un asemenea circuit. Pentru fiecare grup există un fel de circuit de navetă în cadrul instituţiilor, adică centre de cercetări şi şcoli de vară care le oferă ocazia de a se întîlni în număr restrîns, astfel încît într-un interval de cîţiva ani fiecare om de ştiinţă cît de cît însemnat va fi lucrat cu toţi ceilalţi din aceeaşi categorie.

Asemenea grupuri alcătuiesc un colegiu invizibil, în

XL Ca şi rapoartele asupra cercetărilor întocmite pe bază de contracte încheiate cu guvernul, acestea reprezintă mijloace indirecte nerecomandabile (deşi interesante din punct de vedere istoric) de a da publicităţii o masă de scrieri care mai bine ar fi fost pierdute.

acelaşi sens cu cel al primilor pionieri neoficiali, care mai tîrziu s-au asociat pentru a forma, în 1660, *Royal Society.* Exact în acelaşi mod, ele atribuie fiecărui om un rang, sub forma unei aprobări din partea egalilor ■săi, conferă prestigiu şi, mai ales, rezolvă în mod efectiv criza în comunicare prin reducerea unui grup mare la un grup mic şi select, avînd acea dimensiune maximă care este compatibilă cu întreţinerea de relaţii in- terpersonale. Asemenea grupuri trebuie încurajate, pentru că ele consacră rangul oamenilor fără a înmulţi numărul lucrărilor, care altfel ar fi fost scrise în acest scop.

Trebuie admis, cred, că „navetismul" ştiinţific de grad înalt a devenit un canal important de comunicaţie şi că progresul său trebuie înlesnit.

Este probabil că, dacă asemenea grupuri ar fi legitimate, recunoscute şi înzestrate cu reviste de format mare ca al ziarelor, cu o circulaţie redusă la cîteva sute de indivizi, acest fapt le-ar dăuna, le-ar transforma în ■obiecte de invidie sau ale unei administraţii arbitrare şi formaliste. Ziare ştiinţifice de elită sau de format mare de acest fel au existat de mult în Japonia, o ţară care trebuie să facă faţă problemei speciale ce rezultă din faptul că mulţi dintre oamenii săi de ştiinţă de vîrf îşi petrec apreciabile perioade de timp în institute străine.

Membrii elitei ştiinţifice au dobîndit prestigiu faţă de public în general şi în special faţă de patronii lor, care le-au acordat o anumită opulenţă şi le-au dat putinţa să facă acest circuit de navetă. Incidental, aceasta înlocuieşte renumele pe care l-au pierdut ca urmare a scăderii importanţei publicării de lucrări ştiinţifice. In ciuda tendinţei de a aşeza şcolile de vară, pe cît posibil, în localităţi de vilegiatură plăcute şi de a

face din cazarea oferită de institute un loc potrivit pentru a fi adusă şi familia, mai există şi o altă nevoie, şi anume aceea de a recunoaşte că deşi o localitate ca Brookhaven a fost altă dată locul unde oamenii de ştiinţă se duceau pentru a lucra cu maşini mari şi cu anumite alte aparate, astăzi ea a ajuns să joace un rol din ce în ce mai mare ca o staţie pe circuitul de navetă a mai multor colegi invizibile. Unii oameni de ştinţă vin să lucreze cu alţii, care la rîndul lor au venit şi ei să lucreze cu alţii, care din întîmplare se găsesc acolo. Se simte nevoia de mai multe asemenea înlesniri în diferite domenii şi în diferite ţări. Ar fi, de pildă, înţelept ca guvernul Statelor Unite să acorde subsidii pentru construirea de „blocuri de locuinţe Fulbright" în Londra, Cambridge şi Oxford, Copenhaga, Geneva, Paris, Delhi şi oriunde oamenii de ştiinţă circulă de obicei în număr mare.

Pînă aci ne-am ocupat de elite; ce este de făcut cu ceilalţi? Menţionarea marilor maşini ne reaminteşte imediat de modul în care formarea elitelor dă naştere unei probleme de organizare a restului populaţiei ştiinţifice. A devenit un lucru curent ca cercetarea să fie organizată, în special lucrul la maşinile mari, în jurul unei foarte mari echipe de oameni, care cuprinde cîţiva fruntaşi în diferite specialităţi şi un număr mare de tineri. în prezent, devine un obicei ca publicaţiile să fie făcute numai în numele echipei. După cum observa recent cu regret un redactor de la *Physical Review Letters,* „fizicienii care participă nu sînt menţionaţi nici cel puţin într-o notă de subsol"[XLI].

XLI S. A. Goudsmit, în „Physical Review Letters" *8* (15 martie 1962) 229. Un alt exemplu bun al unei metode cu totul diferite de a colabora este apariţia celui mai mare matematician din lume sub pseudonimul de Nicolas

In mod destul de surprinzător, un examen minuţios al incidenţei muncii în colaborare în ştiinţă ne arată că aceasta este un fenomen care creşte constant şi tot mai rapid de la începutul secolului (fig. 18). Este greu de descoperit o accelerare recentă a curbelor, care să corespundă apariţiei maşinii mari şi care să indice că aceasta ar fi cauza determinantă recunoscută.

Datele extrase din *Chemical Abstracts*[XLII] arată că, în 1900, peste 80 la sută din toate articolele aveau un singur autor şi că aproape tot restul era opera a doi autori, cel mai mare număr fiind al acelora semnate de un profesor şi de studentul său după absolvire, cu toate că puţine articole sînt de tipul Pierre şi Mărie Curie, Cockcroft şi Walton, Sherlock Holmes şi dr. Wat- son[XLIII]. De atunci proporţia articolelor cu mai mulţi autori s-a mărit în mod constant şi pronunţat; ea este astăzi atît de mare încît dacă creşterea continuă în ritmul actual, în jurul anului 1980 articolul cu un singur

Bourbaki. Acest francez cu nume grecesc, autorul unei colecţii celebre cunoscute în toate ţările, de tratate de matematică superioară modernă este de fapt un grup de 10 pînă la 20 de matematicieni, majoritatea francezi, toţi absolut eminenţi în specialităţile lor şi toţi neidentificaţi după nume ca făcînd parte din policefalul Bourbaki. Vezi Paul R. H a 1 m o s, *Nicolas Bourbaki,* în „Scientific American" 196 (mai 1957), pp. 88—99.

XLII Rezultatele unei investigaţii nepublicate de L. Badash, Universitatea Yale.

XLIIIL. Kowarski, *Team Work and Individual Work in Re- search* (Munca în echipă şi munca individuală în cercetare), CERN Courier, 2 mai 1962, pp. 4—7.

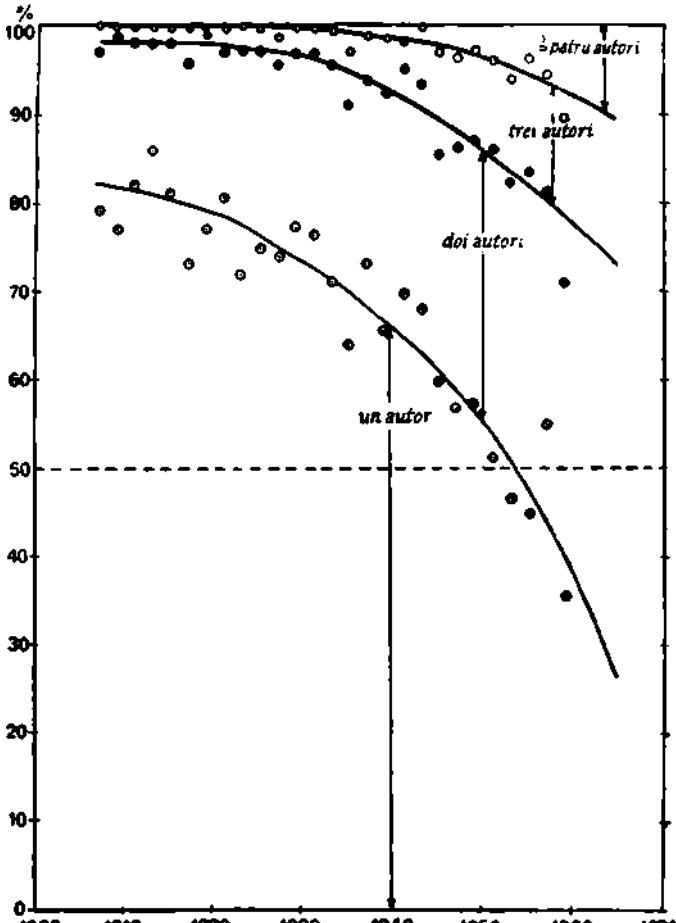


FIG. 18. CREŞTEREA NUMĂRULUI DE AUTORI AI UNUI SINGUR ARTICOL ÎNTRE ANII 1910 ŞI 1960.

Datele extrase din *Chemical Abstracts* 1910 — 1960 sînt înfăţişate în procente reprezen- tlnd articolele cu un singur autor, respectiv doi, trei, patru sau mai mulţi. Apare clar că de la începutul secolului a intervenit o schimbare în acceleraţie continuă.

autor va fi dispărut[24]. Este chiar şi mai impresionant faptul că la articolele cu trei autori se constată o acceleraţie mai mare faţă de cele cu doi autori, la cele cu patru autori una mai mare decît la cele cu trei autori şi

aşa mai departe. în prezent aproape numai un articol din patru are o multiplicitate de trei sau mai mulţi autori, dar, dacă tendinţa continuă, în anul 1980 peste jumătate din articole va fi cuprinsă în această categorie şi ne vom îndrepta hotărît înspre o infinitate de autori pentru fiecare articol. Aceasta constituie una dintre tranziţiile cele mai violente, care poate fi măsurată în tendinţele recente ale forţei de muncă şi ale literaturii ştiinţifice.

Un mijloc de a înţelege această mişcare către colaborarea de masă este de a o privi ca o extindere naturală a creşterii create prin modificarea constantă a distribuţiei de tip Pareto a productivităţilor ştiinţifice. Există o mişcare continuă înspre o creştere a productivităţii autorilor celor mai prolifici şi înspre o creştere a numărului celor cu prolificitate minimă. Pe măsură ce ne apropiem de limite în ambele direcţii este clar că undeva va trebui să intervină o cedare. Oamenii cei mai prolifici îşi sporesc productivitatea prin faptul că

[24] Cf. datelor referitoare la „Mathematical Reviews" şi la trei reviste matematice din Statele Unite (procentajul de articole cu pluralitate de autori):

	Mathematical Reviews	*Trei reviste din S.U.A.*
1920		2,2
1930		4,1
1940	5,8	18,2
1950	6,5	18,2
1960	10,8	12,7

Dintr-o scrisoare a lui W. R. U t z, în „American Mathematical Notices" 9 (1962) pp. 196—197.

sînt conducători de grupuri în echipele respective, care pot realiza mai mult decît ar putea ei dacă ar lucra singuri. Grupurile cu prolificitate minimală sînt reduse ca număr, iar noi cu greu ne putem permite să le lăsăm să crească pînă cînd nu ajung la maturitatea

de a produce articole de însemnătate prin propriile lor mijloace. Prin crearea unei clase de autori „fracţionari“ — adică de oameni de ştiinţă care produc a n-a parte dintr-un articol ştiinţific — un număr mult mai mare din cei ce fac parte din grupul minimal este ţinut la extremitatea inferioară a distribuţiei. Ne putem aştepta că pe măsură ce aceşti indivizi se dezvoltă ei vor evolua către situaţia de autori de unităţi sau chiar mai bine, dar între timp corpul de muncitori din cîmpul cercetării creşte pentru a face faţă cererii. Pînă la un punct este accidental faptul că organizarea din timpul războiului şi apariţia maşinilor mari au ocazionat apariţia elaborării lucrărilor pe fracţiuni, în absenţa căreia ar fi existat o lipsă serioasă de forţă de muncă.

Un punct de vedere mai optimist este acela de a considera că apariţia acestei clase de ucenici vrăjitori rezolvă în parte problema organizării oamenilor de ştiinţă de nivel mai scăzut, astfel încît ei să aibă relaţii directe cu viaţa de cercetare a elitelor. Aceasta nu este decît o extindere logică a vechiului principiu atît de familiar, acela al marelui profesor cu anturajul său de stu- denţi postuniversitari, aşa cum au fost cazurile bine cunoscute la Rutherford sau Liebig. Marea deosebire constă, în cazul de faţă, în faptul că în vîrful triunghiului nu se găseşte un singur individ simpatizat, ci un colegiu invizibil; şi că localul în care lucrează nu este o mansardă prăfuită care adăposteşte un laborator de învăţămînt, ci un cerc de navetă mobil cu instituţii destul de costisitoare. R. E. Weston şi alţii au dat sugestia ca aceste echipe să capete numele, de pildă, „Dubna Reds“ şi „Harvard M. I. T. Yankees“[XLIV] şi să se dea fiecărui ,,jucător“ o anumită notă de

XLIV „Roşii din Dubna" şi „Yancheii de la Institutul de Tehnologie din Massachussets-Harvard" *(N.T.).*

apreciere[XLV].

Datorită celor arătate mai sus, una din consecinţele mari ale tranziţiei de la *Ştiinţa mică* la *Ştiinţa mare* a fost că după trei secole rolul articolului ştiinţific a suferit o transformare drastică. Sub multe aspecte, uşurinţa modernă a transportului şi starea materială prosperă a omului de ştiinţă de elită au înlocuit ceea ce altă dată se efectua prin publicarea de articole. In prezent, există tendinţa de a comunica de la persoană la persoană şi nu de la articol la articol. In domeniile cele mai active cunoştinţele se difuzează prin colaborare. Prin grupuri selecte se urmăreşte dobîndirea de prestigiu şi recunoaşterea noastră de către egalii noştri în calitate de colegi, de colaboratori apreciaţi şi respectabili. Publicăm pentru grupul mic, forţînd ritmul cît mai mult cu putinţă în cadrul unui proces de natură a forţa şi mai mult acest ritm. Numai în mod subsidiar, din cauza inerţiei datorate tradiţiei, apar publicaţiile pentru marele public.

Toate acestea vin în spirijinul schimbării considerabile a motivaţiei omului de ştiinţă; ele îi modifică atitudinea emoţională faţă de munca sa şi de colegii săi în ştiinţă. Ele au făcut ca sub multe aspecte articolul ştiinţific să devină o artă care a murit sau este muribundă. Mai mult, colegiile invizibile au încorporat în ele un mecanism automat de conexiune inversă care acţionează pentru a le spori forţa şi puterea în sînul ştiinţei şi în relaţie cu forţele sociale şi politice. Mai grav, această conexiune inversă este de aşa natură, încît sîn- tem expuşi pericolului de a pierde puterea şi eficienţa în acele domenii şi ţări în care circuitul de navetă nu a apărut încă. în rezumat, după ce am

XLV Scrisoare publicată în „Physics Today", 15 (iunie 1962). 79—80.

elaborat o teorie suficient de completă a forţei de muncă şi a literaturii ştiinţifice, trebuie să privim viitorul social şi politic.

(4)

Strategia politica pentru oamenii Ştiinţei mari

în analiza noastră asupra creşterii ştiinţei, am ajuns la o înţelegere fundamentală a creşterii exponenţiale normale şi a distribuţiei talentului şi a productivităţii. Să ne îndreptăm acum atenţia spre ceea ce este anormal — adică spre acele lucruri care nu urmează modelul. Fără îndoială, lucrul cel mai anormal în aceste timpuri ale • *Ştiinţei mari* este banul. Aspectele financiare ale ştiinţei par a fi extrem de inegale şi, întrucît ele domină majoritatea implicaţiilor sociale şi politice, analiza noastră trebuie să pornească de aci.

Dacă costul ridicat al ştiinţei ar fi distribuit în acelaşi mod ca şi productivitatea sau perfecţiunea ei, atunci nu s-ar pune nici o problemă. Dacă costul *per capita* pentru întreţinerea oamenilor de ştiinţă ar fi constant, nu s-ar cheltui decît proporţional cu numărul lor, astfel încît costul lor s-ar dubla la fiecare interval de 10 pînă la 15 ani. Dar, de fapt, cheltuielile efectuate, calculate în dolari constanţi, se dublează la fiecare interval de 5 1/2 ani, astfel încît costul *pe om de ştiinţă* pare să se dubleze la fiecare interval de 10 ani. Sau, altfel formulat, costul ştiinţei a crescut în raport direct cu pătratul numărului oamenilor de ştiinţă.

Din moment ce se ştie că, în general, numărul oamenilor de ştiinţă de nivel mediu creşte în raport cu pătratul numărului oamenilor de ştiinţă eminenţi şi extrem de productivi deducem un principiu, ale cărui consecinţe sînt extrem de costisitoare, potrivit căruia

cheltuielile de cercetare cresc exponenţial, cu puterea a patra a numărului oamenilor de ştiinţă valoroşi. S-a şi evaluat că Statele Unite ar putea să posede suficiente talente, pentru a mări de cinci ori numărul oamenilor de ştiinţă distinşi. Dar să adoptăm o atitudine conservatoare şi să prevedem un viitor în care această populaţie nu va fi decît doar triplată; punct care ar putea fi atins cîndva înainte de anul 2000. In acel moment, potrivit principiului dedus, cheltuielile vor fi crescut de 81 ori, şi vor reprezenta astfel mai mult decît dublul produsului naţional brut global al Statelor Unite.

Pare incontestabil că în realitate s-a produs o asemenea creştere a costului ştiinţei. Cheltuielile naţionale de cercetare şi dezvoltare erau de aproximativ trei miliarde de dolari în 1950, iar în 1960, de treisprezece miliarde dolari — ceea ce înseamnă mai mult decît o dublare la fiecare cinci ani. Creşterea anuală de 15 la sută trebuie opusă creşterii de numai 3 >/₂ la sută anual a produsului naţional brut. In ritmul actual, ştiinţa va reprezenta 10 la sută din produsul naţional brut, nu mai tîrziu de anul 1973. Ea se află, chiar în momentul de faţă, în regiunea dintre 2 şi 3 la sută, în funcţie de modul în care se defineşte ştiinţa. Să presupunem, într-o viziune optimistă, că creşterea produsului naţional brut va continua, că nu va exista o penurie de forţă de muncă care să împiedice creşterea numărului oamenilor de ştiinţă calificaţi şi să revenim la chestiunea dacă şi costul pe om de ştiinţă trebuie să crească. Datele disponibile de la agenţiile federale, care astăzi sprijină un volum atît de mare de cercetări, ne indică lămurit că costul pe proiect creşte în mod rapid. Cifrele institutelor naţionale pentru

sănătate ne arată o cheltuială medie pe proiect de 9 649 dolari în 1950 şi de 18 584 dolari în 1960, adică o sumă aproape dublă[1]. Johnson şi Milton au cercetat documentele referitoare la un volum mare de cercetări întreprinse în industrie, în universităţi şi în instituţiile guvernamentale[2] şi au constatat că în decursul unui deceniu, deşi costul lor total a crescut de 4 1/2 ori, produsul cercetării şi al dezvoltării n-a făcut decît să se dubleze. Se pare că, în fond, pe măsură ce se desfăşoară o activitate sporită de cercetare, creşterea ei obişnuită şi aşteptată continuă să fie necesară, dar obţinerea ei devine mai ane-voioasă. Rezultatul este că se oferă din ce în ce mai mulţi stimulenţi prin majorarea salariilor, prin acor-darea unui sprijin sporit şi prin punerea la dispoziţia cercetătorilor a unor instrumente de lucru mai bune. Aceasta este în esenţă situaţia ce rezultă din legea lui Fechner, pe care am descris-o, potrivit căreia efectul este proporţional cu logaritmul stimulenţilor. Totuşi s-ar părea că este necesar ca consumul unităţilor de soliditate financiară să fie de două ori mai rapid decît consumul unităţilor de soliditate ştiinţifică.

Este cazul acum să examinăm de ce costul cercetării calculat *per capita* şi raportat la produsul naţional brut pare să fi rămas constant de-a lungul istoriei pînă aproape de cel de-al doilea război mondial şi de ce numai după aceea a apărut împrejurarea nouă a unei creşteri, care ţine pasul cu creşterea forţei de muncă ştiinţifice.

> Dale R. Lindsay şi Ernest M. Allen, *Medical Research: Past Support, Future Directions* (Cercetarea medicală: sprijinul di'n trecut, direcţii pentru viitor), în „Science" nr. 134 (22 dec. 1961), pp. 2 017—2 024.

[2] Reproduse într-un editorial în „Science" 132 (26

august 1960), p. 517.

Să ne fie îngăduit să oferim o interpretare, şi nu un răspuns, şi anume să sugerăm că conexiunea cibernetică inversă este aceea care tinde în prezent să reducă acceleraţia ştiinţei şi să o aducă la o dimensiune maximă. Aceasta este, după părerea noastră, cauza primară a apariţiei curbei logistice actuale şi nu a unei curbe exponenţiale. Aceasta este deosebirea dintre *Ştiinţa mare* şi *Ştiinţa mică.* Dar noi nu putem descoperi cauza înainte de a fi examinat mai adînc situaţia pe plan mondial, mai curînd decît pe plan naţional, precum şi motivaţia omului de ştiinţă în general.

Să examinăm în primul rînd situaţia mondială ţinînd seamă de toate ţările luate separat şi de diferitele grupări ştiinţifice din sînul lor. într-o primă aproximaţie, acestea sînt distribuite în mod normal ca şi dimensiunile oraşelor dintr-o ţară, începînd de la cele cîteva oraşe mari şi mergînd la numeroasele oraşe mici. Se constată o creştere exponenţială uniformă a ştiinţei ca şi în cazul oraşelor. Ca şi în cazul ordinei dimensiunii oraşelor, pe care o urmărim în evoluţia sa istorică, ordinea se schimbă uşor, deşi distribuţia rămîne stabilă. De-a lungul anilor au loc schimbări în cadrul cărora în mod alternativ unele ţări iau conducerea sau rămîn în urma altora. Acesta este un proces lent, deşi reali-- zarea lui, ca în cazul sputnik-ului, poate însemna uru şoc pentru cei neinformaţi.

In cursul secolului nostru ştiinţa mondială şi-a modificat, aproape sistematic, distribuţia pe ţări. Să luăm în consideraţie o analiză din *Chemical Abstracts* a cifrelor care ne indică contribuţiile diferitelor ţări la producţia de articole ştiinţifice. La una din extremităţi avem cultura ştiinţifică veche şi stabilă a Common-

wealth-ului britanic care este sensibil constantă, în timp ce aceea a Franţei a suferit un declin uşor, dar persistent. La cealaltă extremitate, U.R.S.S., Japonia şi, în fapt, toate ţările care în trecut aveau un nivel de dezvoltare a ştiinţei mai redus, şi-au ameliorat în mod spectaculos poziţia pe plan mondial, trecînd de la o contribuţie de 10 la sută la începutul secolului nostru la aproape 50 la sută în momentul de faţă. Statele Unite au absorbit aparent o mare parte a participaţiei germane în cursul ambelor războaie mondiale, iar contribuţia germană s-a redus la o cincime din volumul său inţial.

în ansamblu, abstracţie făcînd de cîştigurile din timpul războiului dobîndite în dauna Germaniei, Statele Unite şi-au menţinut, cu aproximaţie poziţia lor relativă. Probabil că ele au compensat şi partea pierdută de Franţa. Să nu uităm că acest fenomen este independent de creşterea exponenţială susţinută a cărei rată pe plan mondial reprezintă o dublare la fiecare 10 ani. Partea spectaculoasă nu constă în aceea că Statele Unite sau orice altă ţară pot menţine acest ritm şi o poziţie constantă, ci că U.R.S.S., Japonia şi ţările cu un nivel de dezvoltare a ştiinţei în trecut mai redus au fost incontestabil capabile să depăşească în cursul acestui secol această rată mondială şi să se înalţe de la situaţia de non- entitate la aceea de cvasimajoritate. Aceste ţări luate laolaltă par a fi erupt pe scena ştiinţifică cu o rată care depăşeşte cu aproximativ 6 la sută anual cota lor normală de explozie ştiinţifică. Ca urmare, asistăm în prezent la un declin spectaculos al capacităţii tradiţionale a marilor naţiuni de a forma ele singure o majoritate absolută ştiinţifică. Ele au de înfruntat o distribuţie de tip Pareto de ţări mai mici, a căror

masă totală va depăşi curînd pe aceea a marilor naţiuni.

In Japonia, U.R.S.S. şi Statele Unite, cheltuielile pentru ştiinţă reprezintă între 2 şi 3 la sută din produsul lor naţional brut. Cum este posibil ca producţiile lor relative să se deplaseze încet dar continuu? Explicaţia cea mai verosimilă pare să fie creşterea continuă a costului ştiinţei, pe măsură ce societatea devine saturată cu această activitate. Există şi părerea că este mai puţin costisitor şi mai uşor de a face ca ştiinţa să explodeze în „vidul'[1] unei ţări subdezvoltate, decît ar fi cazul în condiţii obişnuite.

Activitatea intensă desfăşurată în prezent în scopul introducerii ştiinţei şi a tehnologiilor sale la micile naţiuni merită efortul nostru de a privi mai îndeaproape problema conceperii şi naşterii unei civilizaţii ştiinţifice şi tehnologice moderne. Trebuie făcută o deosebire atentă între tipul de explozie ştiinţifică care ne preocupă, adică apariţia unei ţări şi poziţia ei relativă faţă de toate celelalte, şi între schimbarea explozivă normală în care sînt implicate toate ţările proporţional cu rangul lor.

Majoritatea ţărilor nu fac decît să-şi păstreze acelaşi loc în ierarhie, plîngîndu-se amarnic, ca şi Alice din poveste, că, deşi sînt silite să alerge din greu, nu fac decît să rămînă pe loc. In Anglia, constatările recente ale Comitetului Zuckerman asupra forţei de muncă ştiinţifice par a confirma aceasta. Cînd o ţară hotărăşte că îşi poate permite să lase ca ştiinţa să crească doar cu rata de expansiune a economiei naţionale şi ca oferta şi cererea de forţă de muncă ştiinţifică să tindă spre egalitate, aceasta echivalează cu o retragere sinucigaşă din cursa ştiinţifică. Din păcate, aceasta este cursa în care

Marea Britanie, lipsită de resurse mari de minereuri sau agricole, ar trebui, mai presus de orice, să lupte cu toate forţele ei.

Dat fiind că se pare că are loc o „cristalizare" a ştiinţei care tinde să-i facă pe bogaţi şi mai bogaţi, iar pe cei săraci şi mai săraci, ne întrebăm cum se întîmplă că săracii devin ocazional milionari ştiinţifici? într-un caz special, istoria ne-a oferit întreaga succesiune a treptelor eu ajutorul cărora o naţiune apărută brusc pe arena ştiinţifică a fost capabilă să explodeze mai viguros decît restul lumii ştiinţifice. O analiză a datelor privitoare la Japonia poate constitui un prototip (fig. 19)[XLVI]. In 1869, la începutul erei Meiji, Japonia a rupt cu tradiţia şi a solicitat introducerea ştiinţei olandeze, după numele pe care îl avea în acea vreme produsul nostru apusean.

Să urmărim acum progresul în acea ţară al unei singure ştiinţe — fizica. Primul pas o fost importul de profesori de ştiinţe străini, din Statele Unite şi din Marea Britanie şi exportul de tineri studenţi japonezi la universităţile străine, pentru dobîndirea unei instrucţiuni superioare. Valul de şoc al ştiinţei apusene a izbit violent această ţară şi a făcut ca populaţia de fizicieni a Japoniei să se ridice de la 1 la 15 în numai şase ani. Către anul 1880, valul de şoc a început să dispară treptat, la început repede pe măsură ce străinii se înapoiau în ţara lor, apoi mai încet pe măsură ce studenţii şi profesorii instruiţi în străinătate se pensionau sau decedau, astfel încît acest val a

XLVI îmi exprim recunoştinţa faţă de Eri Yagi Shizume, de la Universitatea Yale, care mi-a permis să folosesc datele sale; **ce** urmează a fi publicate în „Proceedings XII, Internaţional Congress for the History of Science", Ithaca and Philadelphia, august 1962.

dispărut complet în 1918. Dar, în 1880, cînd curba celor „importaţi" atinsese punctul său maxim, un nou val era în creştere rapidă; acesta reprezenta prima generaţie de studenţi

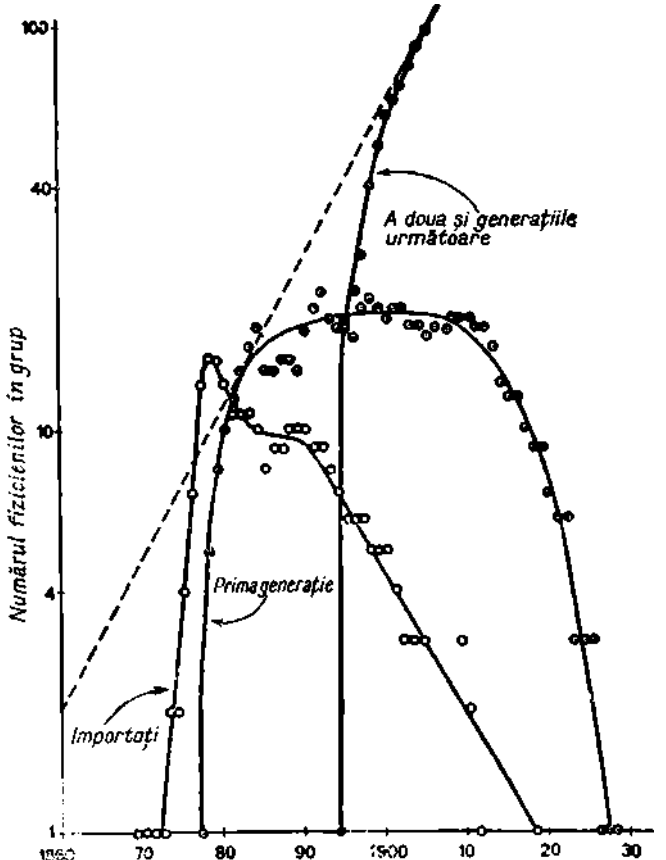


FIG. 19. NUMĂRUL FIZICIENILOR FORMAŢI ÎN JAPONIA, CA FUNCŢIE DE DATĂ Curba „importaţi" cuprinde pe europeni şi pe cei instruiţi în Europa. Curba următoare dă numărul studenţilor instruiţi de aceştia; a treia curbă redă numărul studenţilor japonezi instruiţi în ţară de către profesori japonezi — acest număr creşte asemănător cu prima curbă şi are pînă în prezent o creştere exponenţială; dar creşterea a început numai după o perioadă de aşteptare de circa 15 ani în care timp se pregătea prima generaţie de oameni de ştiinţă.

japonezi formaţi de străinii sus menţionaţi şi de discipolii lor.

Prima generaţie de studenţi a constat dintr-un grup mic; el număra 10 inşi în 1880, iar numărul lor n-a

crescut niciodată peste 22, atingînd un echilibru stabil între formare şi mortalitate. Mai tîrziu, în jurul primului război mondial, numărul lor a început să scadă vizibil, ultimii decedînd în 1928.

A doua generaţie de studenţi, adică acei care erau acum instruiţi de către japonezi în Japonia, a început în 1894 şi a atins numărul de 60 de absolvenţi în 1900. La scurt timp după aceea, creşterea s-a conformat modelului exponenţial obişnuit, dublîndu-se la fiecare 10 ani. Această creştere a continuat fără vreo pauză sau perturbare serioasă şi a condus la stadiul de dezvoltare a fizicii (din Japonia) din anii ultimului război.

Efectul global al valului de şoc şi al impulsului primei generaţii de studenţi constituie începutul creşterii exponenţiale. Curba de creştere rezultată, proiectată înapoi, acţionează exact ca şi cum ar fi răsărit din creasta primului val de şoc; adică, ca şi cum ar fi pornit de la 12 fizicieni în 1881. De notat, totuşi, că creşterea nu a început imediat; a existat un decalaj de aproape 20 de ani, în cursul căruia s-a pregătit cea de a doua generaţie. Pare important de notat că situaţia stabilă n-a apărut decît o dată cu recolta de fizicieni educaţi integral în ţară. Totuşi această imagine nu este completă. S-a omis faptul important că învăţămîntul primar şi secundar a trebuit şi el să înfrunte crize asemănătoare la aceleaşi date. Am neglijat punctul crucial, că cea mai mare dificultate din toate a constat în determinarea limbajului de învăţămînt. Deabia la a doua generaţie a fost posibil ca acest învăţămînt să fie predat în limba lor maternă şi aceasta nu înainte de a se fi întocmit noi vocabulare şi noi dicţionare.

In pofida simplificărilor la care am recurs,

dispunem în prezent de scala de bază a timpului, precum şi de formele ecuaţiilor diferenţiale ale forţei de muncă ştiinţifice într-o ţară subdezvoltată şi nu avem motive să ne îndoim că acest caz este tipic. Decalajul de timp în aşteptarea unei generaţii şi apoi demarajul într-un ritm care este mai rapid decît creşterea exponenţială subsecventă, sînt extrem de importante. Ele constituie încă un exemplu al merelor coapte care cad cu uşurinţă din pom. în cazul de faţă, merele nu mai sînt descoperirile, ci fizicienii potenţial străluciţi într-o ţară în care ştiinţa fizicii era absentă. Acest aspect este extrema opusă a ţării ştiinţific foarte dezvoltate.

Explozia ştiinţei într-o ţară subdezvoltată poate, deci, dacă se depun eforturi serioase, să fie mult mai rapidă decît într-o ţară în oare ştiinţa este deja instalată. In cazul maselor mai mari de populaţie ale lumii, procesul este în parte cunoscut şi, în parte, o cauză de grave îngrijorări.

Explozia într-un vid este motivul principal pentru care Statele Unite, care şi^au început revoluţia ştiinţifică mult mai tîrziu decît Europa, au fost capabile s-o ajungă mult mai repede şi apoi s-o depăşească. Exact în acelaşi mod, U.R.S.S. care a pornit mult mai tîrziu decît Statele Unite, a fost în măsură să se dezvolte cu o rată exponenţială mai mare realizînd o dublare în 7 ani, poate, în loc de 10 ani. In mod asemănător, este cazul Chinei, care a apărut de curînd pe firmamentul ştiinţific — după cum rezultă şi din faptul că în prezent traducerea principalelor reviste chineze este o practică de rutină (după cum le-am tradus şi pe cele de limbă rusă cu mulţi ani în urmă) — să ajungă la paritate într-un

deceniu sau două. Populaţia ştiinţifică a Chinei se dublează la aproximativ fiecare trei ani.

Aşa fiind, ne găsim în ce priveşte marile blocuri ale populaţiei lumii într-un fel de cursă cu un handicap automat. Cu cît o ţară iniţiază mai tîrziu eforturile sale hotărî te de a face ştiinţă modernă, cu atît va putea creşte mai repede. Este deci de presupus că în cursul viitoarelor cîteva decenii, vom asista la un final strîns al unei curse în care se aleargă de cîteva secole. Ţările cu tradiţie ştiinţifică mai veche vor ajunge, în mod necesar, la etapa lor matură de saturaţie, iar masele noi de populaţie ştiinţifică din alte părţi ale lumii vor ajunge la linia de sosire aproape simultan cu primele ţări.

Susţin, că acest proces este istoriceşte inevitabil şi că, deci, trebuie să păstrăm un simţ al echilibrului şi să nu intrăm în panică în cursul viitoarelor valuri de progrese ştiinţifice, de genul sputnik-ului, în ţări care erau privite înainte ca inferioare în materie de ştiinţă şi tehnologie înalte.

Să luăm acum în considerare curba de distribuţie în- tr-o ţară a incidenţei talentului ştiinţific. Deşi nu posedăm o măsură obiectivă a talentului în stare latentă dintr-o ţară subdezvoltată, este raţional să presupunem că el va fi distribuit în spaţiu în acelaşi mod ca şi în ţările dezvoltate, cu relativ puţine talente excepţionale şi cu un număr de talente mai mici, care se înmulţesc din ce în ce mai mult, pe măsură ce ne apropiem de calificarea minimă. După cum s-a văzut, efectul general al creşterii totalului populaţiei ştiinţifice este acela al înmulţirii mai rapide a talentelor minore decît a celor mari care domină scena şi care produc o jumătate din întregul progres

ştiinţific.

Cit timp o ţară este relativ subdezvoltată, numărul de oameni de ştiinţă va fi prea mic pentru a necesita o cristalizare importantă în grupe şi în elite, căci întregul corp va fi alcătuit din crema care s-a ridicat la suprafaţă. Pe măsură însă ce ţara se dezvoltă, începe atît cristalizarea în grupe, în oraşe ştiinţifice, cît şi randamentul relativ descrescînd în oameni de ştiinţă de primă calitate. Efectiv, extremitatea cozii curbei de distribuţie este din ce în ce mai solicitată astfel încît există tendinţa de a se folosi un segment al cozii din ce în ce mai lung, pentru a transforma în oameni de ştiinţă pe aceia care sînt cei mai apropiaţi de aptitudinile medii.

Trebuie subliniat că noi nu afirmăm că ar surveni o reducere a normelor minime cerute pentru a fi om de ştiinţă. Ceea ce afirmăm este numai că efortul pentru dobîndirea unui număr mai mare de oameni de ştiinţă măreşte numărul celor de la nivelurile inferioare cu o rată de creştere superioară acelora de la nivelurile mai înalte. Astfel, deşi numărul oamenilor de cea mai înaltă calitate poate fi întotdeauna mărit, aceasta se face în dauna normei mijlocii. Din natura acestui proces rezultă că la un stadiu oareoare între subdezvoltare şi înalta dezvoltare culegerea cremei încetează; societatea începe să fie obligată a acţiona împotriva distribuţiei naturale a talentelor. In mod aparent, este inevitabil ca stimulenţii şi posibilităţile sporite oferite să aibă drept rezultat o recoltă mai redusă şi mai puţin valoroasă, dar şi o creştere suficient de mare a oamenilor de vîrf, care justifică menţinerea acestui proces vreme îndelungată.

Teza noastră este că declinul logistic, după secole de creştere exponenţială, are loc fiindcă noi folosim în acest mod ultimele rezerve din fundul sacului. La un

anumit moment s-ar putea să nu mai aibă sens să se facă atîtea sacrificii pentru a mări stimulenţii şi posibilităţile oferite oamenilor de ştiinţă, cînd singurul rezultat ar fi un declin al nivelului general. Aceasta este o teză greu de susţinut, fiindcă s-ar putea spune, pe bună dreptate, că atît timp cît se pot produce oameni de primă calitate şi atît timp cît aceia care sînt în fiinţă pot fi puşi în situaţia de a continua lucrările de primă calitate, merită întotdeauna să se cheltuiască efort şi bani. Această părere ignoră, cred, mecanica generală a oricărei apropieri de stagnarea logistică. Forţele de creştere, lipsite de prada lor obişnuită, încep să fie folosite în alte părţi,, de unde rezultă o mulţime de noi neajunsuri. în materie de forţă de muncă ştiinţifică, faptul că începem să folosim ultimele resturi din fundul sacului se manifestă pe diferite căi. Poate că aspectul cel mai vizibil este acela al răsturnării echilibrului tradiţional şi natural dintre diferitele domenii şi ţări. Tradiţia depindea de ierarhia naturală a creşterilor în diferitele domenii; în schimb, poziţia nouă depinde în mare măsură de ierarhia forţelor asociate cu deceleră- rile logistice.

In domeniile de activitate ştiinţifică unde în trecut se făcea o triere naturală a oamenilor pe diferite subiecte după predilecţiile lor sau după capriciul împrejurărilor şi al inspiraţiei, societatea oferă acum stimulenţi şi înlesniri variate, menite să atragă oamenii în unele domenii specifice. Astfel, legea cererii şi a ofertei începe să se supună acestor forţe diferite, iar distribuţia se schimbă cu aceeaşi eficacitate ca şi cum ar fi existat numai o ofertă constantă şi o cerere în creştere rapidă. In realitate, situaţia existentă este echivalentă cu o ofertă

restrînsă a forţei de muncă extrem de talentate, ceea ce provoacă o concurenţă sporită pentru a asigura o mare concentrare de asemenea talente în ciuda descreşterii densităţii acestora.

Astfel, în această situaţie competitivă, domeniile în care stimulenţii sînt mari realizează, prin deviaţie faţă de tradiţie, cîştiguri în dauna celor cu stimulenţi reduşi. In prezent, în Statele Unite şi în Anglia este uşor de constatat o astfel de competiţie între subiectele fascinante care atrag oamenii şi cele necaptivante, care nu-i atrag. Există o vădită diminuare a ratelor de creştere aşteptate în domeniul studiilor universitare de medicină, inginerie şi de învăţămînt, care poate fi atribuită menţinerii creşterilor în fizică, matematică şi astronomie.

In mod asemănător, pe scena internaţională, pare să existe o tendinţă ca oamenii de ştiinţă să părăsească acele ţări în care pentru a produce forţa de muncă ştiinţifică nu este necesar decît un minimum de stimulenţi şi de posibilităţi şi de a se deplasa în ţări în care li se oferă condiţii mai atrăgătoare pentru desfăşurarea muncii ştiinţifice, aşa cum este cazul mai ales în Statele Unite. Poate că însăşi internaţionalitatea ştiinţei înlesneşte într-o măsură mai mare aceste deplasări pentru oamenii de ştiinţă, decît pentru alte categorii de cadre. Astfel, ţările din Commonwealth-ul britanic şi din Europa occidentală se plîng amarnic de pierderile lor în forţe ştiinţifice prin emigraţie; iar Statele Unite suferă de inconvenientele oare sînt urmarea unui flux din regiuni de penurie înspre regiuni îmbelşugate şi a cristalizării disponibilităţilor mondiale din soluţia mumă a forţei de muncă ştiinţifice, ceea ce face ca această forţă de muncă să se aglomereze în centre, unde ea este deja excedentară[5].

Exact acelaşi proces, ca între ţări, are loc şi între diferitele discipline. Să analizăm în continuare situaţia în termenii structurii pe care am constatat-o deja, adică formarea de mici colegii invizibile de circa o sută de oameni proeminenţi în fiecare domeniu major.

în măsura în care un asemenea grup se transformă într-un corp integrat, mărindu-şi eficienţa şi capacitatea de a coordona activităţile şi proiectele unui mare număr de oameni, şi puterea grupului pare să crească într-un ritm chiar mai rapid decît dimensiunile lui. Desigur, după cum s-a văzut, cheltuielile grupului vor creşte cu pătratul mărimii sale. Astfel, ne găsim în prezenţa unui fenomen de reacţie inversă pozitivă; cu cît un asemenea grup devine mai puternic, cu atît el poate dobîndi mai multă putere. Se pare că se mai dă celui ce are, iar aceasta în mod automat atrage privaţiunea aceluia cart? nu are.

în fond, motivaţia care îi face pe oamenii de ştiinţă turci, canadieni şi brazilieni etc. să emigreze în Statele Unite este aceeaşi care determină pe eventualii studenţi în medicină să încerce obţinerea unui doctorat în fizică. Ţările de *Ştiinţă mare,* precum şi subiectele *Ştiinţei mari* trebuie să ofere stimulenţi adiţionali, pentru a-şi menţine creşterea normală, iar prin aceasta ele.* au tendinţa de a produce reacţii în *Ştiinţa mică* şi în ţările mici.

Aceasta este limita pînă la care ne poate duce analiza matematică actuală a stării ştiinţei, dar ea abia începe

[5] Pentru o analiză magistrală şi sinceră a acestei probleme vezi Stevan Dedjer, *Why did Daedalus leave?* (De ce a plecat Dedal), în „Science" 133 (30 iunie, 1961), 2 047—2 052. sâ pună problemele cele mai

semnificative ale epocii *Ştiinţei mari.*

Apoi trebuie să cercetăm sociologia şi psihologia, pentru a găsi explicaţia forţei speciale de stimulare şi a posibilităţilor favorabile din sinul marilor procese ale ştiinţei. După ce s-a consemnat că motivaţia oamenilor de ştiinţă şi rolul publicaţiilor ştiinţifice par a fi schimbate prin apariţia colegiilor invizibile, acest fenomen trebuie examinat mai îndeaproape.

Dacă este vorba să existe un număr mai mare de oameni de ştiinţă decît aceia care cad din pom ca merele coapte, care să fie dispuşi să urmărească în orice împrejurări scopul căruia s-au consacrat, este nevoie de stimulenţi. în cursul ultimelor cîtorva decenii, în Statele Unite şi în U.R.S.S. şi într-o măsură relativ mai mică în alte ţări, poziţia socială a omului de ştiinţă s-a înălţat în mod simţitor®. De vreme ce el a fost necesar, din moment ce a apărut o oarecare concurenţă a intervenit şi o sporire automată a salariilor generale, precum şi a fondurilor de cercetare şi a mijloacelor de lucru, impuse de prestigiul şi de cultul magic (cargo cult)[XLVII] [XLVIII] pentru ştiinţa modernă. Nu discutăm acum dacă

XLVII înălţarea poziţiei sociale este analizată în Bentlcy Glass, *The Academic Scientist 1940—1960* (Omul de ştiinţă academic), în „Science*[1] 132 (12 septembrie 1960), pp. 598—603.

XLVIII Termenul de „cargo cult" este folosit de antropologi pentru a descrie reacţiile popoarelor primitive faţă de încărcăturile navelor cu produse provenind din ţările civilizate. în insulele Pacificului, în ultimul război, cînd a sosit marina americană, colibele indigenilor au fost acoperite cu imitaţii din bambus ale antenelor de radar, aşezate pentru ca zeii cei noi să le surîdă şi să le aducă bogăţii. [Povestite de A. Hunter Dupree, *Public Education for Science and Technology* (Instrucţia publică pentru ştiinţă şi tehnologie), în „Science" 134 (15 septembrie 1961), p. 717.]

randamentele obţinute justifică sau nu cheltuiala economică, socială sau politică. Este suficient să notăm că fiecare creştere de prestigiu dă neîndoielnic naştere unei rambursări în rezultate sporite, dar, în acelaşi timp, şi unei competiţii mărite, care ridică „miza“ cerută pentru runda următoare.

O dată angajaţi pe calea de a plăti oamenii de ştiinţă după valoarea lor sau în funcţie de cererea pentru serviciile lor, în loc de a le acorda doar posibilitatea de a supravieţui, astfel cum este cazul cu alte grupuri dedicate[XLIX], se pare că nu mai există o cale de întoarcere. Mi se pare evident că oamenii de ştiinţă, care primesc recompensa justă şi cuvenită a unei atari recunoaşteri, nu mai sînt acelaşi gen de oameni de ştiinţă ca aceia care au trăit sub vechiul regim, cînd societatea de abia le îngăduia să existe.

Problema nu ar fi atît de îngrijorătoare, dacă singurul mijloc de a deveni om de ştiinţă ar fi acela de a fi înzestrat cu talentele adecvate, adică dacă oamenii ar deveni, de pildă, radioastronomi, nu datorită unor împrejurări capricioase sau pentru că s-au rătăcit şi au ajuns din întîmplare în acest domeniu, ci pentru motivul că aceasta este ceea ce ei puteau face cel mai bine. Din studiile moderne despre aptitudinile creatoare în domeniile ştiinţifice, reiese că tipurile generale şi specifice de inteligenţă au surprinzător de puţin de a face cu incidenţa înaltelor realizări. In cazul cel mai bun se cere un anumit minim, destul de ridicat, dar, o dată ce acesta a fost depăşit, şansa de a deveni un om de ştiinţă de înalte realizări pare a fi aproape întîmplătoare. O calitate importantă constă dintr-un anumit dar, pe care îl vom

XLIX Anumitor îndeletniciri prin vocaţie *(N.T.).*

numi „nonconformism“[L] acea însuşire de a face asociaţii neobişnuite de idei, de a face ceea ce este neaşteptat. Omul de ştiinţă tinde să devină omul care, fiind supus testului asocierii de cuvinte, răspunde la „negru“ nu prin „alb“, ci prin „icre negre“. O astfel de caracteristică schizoidă se observă în humorul ştiinţi-fic de un esoterism ciudat al lui Lewis Carroll, precum şi în mii de afişe şi însemnări din avizierele buletinelor de laborator. De notat, în treacăt, că reacţia faţă de acest nonconformism este aceea care dă naştere obiectivi taţii şi conservatorismului, care sînt şi ele caracteristice omului de ştiinţă valoros, rezistenţei pe care acesta o opune descoperirilor şi asociaţiilor nesăbuite făcute de el sau de alţii, precum şi sentimentului că ceilalţi trebuie să fie în eroare[LI LII].

El este prins într-o interacţiune violentă de creaţie liberă pasionată, pe de o parte şi de prudenţă obiectivă înnăscută, pe de alta. După MacKinnon[11], omul de ştiinţă de înaltă creativitate poate fi definit cu aproximaţie ca acel individ rar, care poate supravieţui tensiunii acute dintre teoretic şi estetic,

Lîn original „mavericity", termen creat de autor din cuvîntul „maverick" care la propriu indică mînjii nestruniţi încă, iar la figurat oamenii care acţionează independent sau care au reacţii neconforme cu aşteptările *(N.T.),*

LI Bernard Barber, *Resistance by Scientists to Scientiiic Discovery* (Rezistenţa din partea oamenilor de ştiinţă la descoperirea ştiinţifică), în „Science", 134 (1 septembrie 1961), pp. 596—602.

LII[u] Donald W. MacKinnon, *What Makes a Person Creative?* (Ce face ca o persoană să devină creatoare?), în „Saturday Review", XLV (10 februarie 1962), pp. 15—17, 69: *The Nature and Nurture of Creative Talent* (Natura şi „hrana" talentului creator), în: „Bingham Lecture", Yale University.il aprilie, 1962.

un echilibrist între adevăr şi frumos. Poate că aceasta reclamă o trăsătură schizofrenică ciudat de stabilă, o trăsătură care devine stabilă cînd cel în cauză devine un om de ştiinţă.

Ştiinţa mare tinde să restrîngă unele manifestări de „nonconformism“. Apariţia muncii în colective şi a colegiilor invizibile, faptul însuşi că există mijloace excelente de lucru, toate acestea acţionează în direcţia unor obiective specificate de cercetare. Ele par să exercite presiuni pentru a menţine progresul ştiinţific îndreptat înspre acele ţeluri, pentru care grupul sau proiectul a fost creat. Aceasta constituie un vechi argument împotriva planificării cercetării şi pledează pentru a lăsa pe fiecare om să lucreze după judecata sa şi să-şi urmeze calea, oriunde ar duce aceasta. Dar nu există nici un mijloc care să ne asigure că omul va fi îndemnat să urmeze această cale, atunci cînd prestigiul şi poziţia sa ştiinţifică depind de recunoaşterea din partea grupului.

Atunci cînd prestigiul şi poziţia proprie ale unui individ sînt suficiente, sau cînd dintr-un alt motiv oarecare întregul grup poate fi convins să-1 urmeze, acesta realizează progrese revoluţionare, ceea ce constituie un tip de fenomen cunoscut în prezent care atrage după sine un plus de înalt prestigiu. Ca atare, deşi există o oarecare încurajare din partea grupului pentru etalare de „nonconformism“, este posibil ca această încurajare să se manifeste numai în cazuri speciale şi ca în momentul de faţă acest „nonconformism“ să fie irosit în alte direcţii. Poate că se simte nevoia unui efort activ care să aducă după sine un sprijin suficient pentru cercetarea fără obiectiv, punerea la dispoziţie de fonduri fără proiect, acordarea unor mijloace de studiu şi unei poziţii fără

obligaţia de a subscrie la realizarea unui obiectiv specificat, adică genul de posibilităţi care în prezent sînt parţial oferite prin institutele pentru studii înaintate şi prin intermediul catedrelor de cercetare de înaltă ţinută.

Revenind acum la problema de a şti dacă răsplata din partea *Ştiinţei mari* produce oameni de ştiinţă deosebiţi de aceia ai *Ştiinţei mici,* să examinăm caracteristicile observate de toţi aceia care au căutat să descopere regularităţi printre grupurile de oameni de ştiinţă eminenţi. Galton, unul dintre primii care au întreprins asemenea investigaţii, a observat că peste o jumătate din grupul de oameni de ştiinţă era alcătuită din cel mai mare sau din unicul fiu al familiilor respective şi că această proporţie, cu mult superioară mediei, a fost confirmată ulterior cu prilejul mai multor cercetări. Galton a notat, de asemenea, că o proporţie neobişnuit de mare a persoanelor cercetate era foarte ataşată de unul din părinţi, cel mai adesea de mamă. Pe aceeaşi linie, s-a remarcat de atunci încoace că mulţi dintre oamenii mari de ştiinţă pierduseră pe unul din părinţi în frageda lor copilărie (înainte de a împlini 10 ani) şi că s-au ataşat puternic de celălalt[LIII]. Cazurile istorice cunoscute arată că adeseori oamenii de ştiinţă sînt copii singuratici, care găsesc că este mai uşor să se apropie de obiecte decît de oameni. Pe scurt, multe trăsături stranii ale personalităţii par să caracterizeze pe acei care devin oameni de ştiinţă[LIV].

LIII Newton, Kelvin, Lavoisier, Boyle, Contele Rumford, Mme Curie şi Maxwell se numără printre aceste exemple.

LIV S-au publicat foarte puţine lucrări temeinice despre psihologia oamenilor de ştiinţă. Singurele cărţi care îmi sînt cunoscute sînt cele de A n n e R o e, *The*

Cred că toate aceste caracteristici se aplică oamenilor care au devenit eminenţi în epoca *Ştiinţei mici* şi că, pînă în prezent, nu avem nici cea mai vagă idee despre vreuna din caracteristicile noi, ce s-au ivit ca urmare a schimbărilor survenite prin trecerea la condiţiile noi ale *Ştiinţei mari.* Multe din trăsăturile personalităţii, constatate anterior, par a fi compatibile cu ipoteza că mulţi oameni de ştiinţă s-au îndreptat înspre profesiunea lor, pentru a dobîndi o satisfacţie emoţională de care, altfel, ar fi fost lipsiţi. Dacă aceasta este adevărat, chiar numai ca o explicaţie parţială, se poate vedea cît de cataclismic trebuie să fie efectul schimbării recompenselor emoţionale oferite de viaţa ştiinţifică. Dacă oamenii de ştiinţă ar fi, în ansamblul lor, oameni relativ normali poate cu ceva mai inteligenţi sau chiar mai inteligenţi în anumite direcţii speciale, problema nu ar fi atît de dificilă. Dar, devreme ce se pare că oamenii de ştiinţă sînt deosebit de sensibili la modurile răsplătirii lor prin înseşi trăsăturile personalităţii lor care . i-a determinat să devină oameni de ştiinţă, trebuie să privim cu mare atenţie la tot ce poate interveni şi modifica aceste sisteme de recompensă. Orice asemenea schimbare îi va transforma pe oamenii *Ştiinţei mari* în oameni de temperament ,şi de personalitate, diferite de acelea pe care ne-am obişnuit a le considera tradiţionale la oamenii *Ştiinţei mici.*

Faza nouă a ştiinţei pare să fi schimbat sistemul de recompensă în două moduri diferite. Intr-o direcţie, s-

Mdking oj a Scientist (Formarea unui om de ştiinţă), New York, Apollo Editions, Inc. Reimprimată A—23) şi de Bernice T. Eiduson, *Scientists: Their Psychological World* (Lumea psihologică a oamenilor de ştiinţă), N. Y. Basic Books, Inc. 1962.

a introdus răsplata constînd dintr-un rang social şi din avantaje financiare, recompense destul de rare în trecut. In direcţia cealaltă, l-am determinat pe omul de ştiinţă să caute aprobarea egalilor săi într-un fel diferit. Omul ecuaţiilor lui Maxwell nu este chiar acelaşi cu omul vaccinului lui Salk. Deşi, potrivit mitologiei, un om de ştiinţă este presupus a acţiona veşnic numai din curiozitate înnăscută cu privire la modul în care funcţionează lucrurile şi la ceea ce pot ele face, în prezent există un mecanism social ceva mai diferit, prin care omul poate realiza că inspiraţia sa şi „nonconformismul" său personal au fost recunoscute de ceilalţi oameni, au triumfat atît împotriva conservatorismului şi a spiritului de precauţie ambiante, cît şi împotriva caracterului tainic al naturii.

Dacă acestea sînt adevărate la nivelul cel mai înalt, este tot atît de limpede că, în regiunile mai puţin stratificate, colegiile invizibile şi toate grupele mai mici conferă un rang şi mijloacele unui trai bun. Ele exercită putere şi cu cît cineva are mai multă putere într-un asemenea grup, cu atît el poate selecţiona mai bine pe cei mai buni studenţi, poate obţine fondurile cele mai mari şi poate determina aducerea la îndeplinire a proiectelor celor mai măreţe. O asemenea putere nu reprezintă desigur o lăcomie egoistă din partea omului de ştiinţă. Societatea suportă această structură şi o plăteşte cu sume din ce în ce mai mari, dat fiind că rezultatele muncii omului de ştiinţă sînt vitale pentru puterea, securitatea şi bunăstarea tuturor. Faţă de tot ceea ce se afirmă că depinde de el, de la apărarea împotriva unui atac militar pînă la apărarea împotriva bolilor, omul de ştiinţă este acela care ţine acum „baierele pungii"

întregului stat.

Pînă nu de mult, omul de ştiinţă, în măsura în care juca vreun rol folositor în afacerile de stat, era un instrument pasiv, bun de consultat ca un dicţionar pentru a da răspunsul just la cerere. O serie de oameni de ştiinţă, ca şi unii dintre aceia care nu sînt oameni de ştiinţă vor socoti că este de dorit de a se respecta, cu toate greutăţile, afirmaţia că omul de ştiinţă ar trebui să fie ,,la robinet dar nu la vîrf"[LV]. Fără a discuta aspectul etic al acestui punct de vedere, putem remarca că reacţia inversă pozitivă care guvernează puterea oamenilor de ştiinţă acţionează împotriva unei asemenea afirmaţii. Prestigiul sporit al oamenilor de ştiinţă şi al muncii ştiinţifice face ca atît ei cît şi munca lor să devină din ce în ce mai vitale pentru stat şi face ca statul să încredinţeze, într-o măsură din ce în ce mai mare, deciziile tehnice unor competenţe tehnice.

în orice caz, eu nu pledez atît pentru asumarea de către oamenii de ştiinţă a controlului asupra unor probleme care intră în competenţa lor tehnică, cît mai curînd pentru faptul că trebuie încurajată noua lor tendinţă de a fi prezenţi pe frontul politic ca reprezentanţi ai unui grup de oameni, care deţin cheile civilizaţiei noastre.

într-o economie saturată de ştiinţă este vădit că desfăşurarea adecvată a resurselor devine mult mai importantă decît încercările costisitoare de a le spori.

In Marea Britanie şi în Statele Unite foarte puţini senatori, congresmeni, membri ai parlamentului şi

LV Joc de cuvinte: în limba engleză „tap" înseamnă robinet, iar „top" vîrf, în sensul că omul de ştiinţă trebuie să fie la

politicieni activi — de fapt mai puţini de 2 la sută — au o formaţie ştiinţifică sau tehnologică. Printre deputăţii Sovietului Suprem al U.R.S.S., cifra acestora depăşeşte astăzi 25 la sută[LVI] [LVII] şi, deşi mecanismul sovietic de guvernare este foarte diferit de al nostru, consider aceasta ca o indicaţie a modului în care s-ar putea înfăţişa propriul nostru viitor.

În epoca trecută a *Ştiinţei mici* exista o reacţie înverşunată împotriva activităţii politice desfăşurate de oamenii de ştiinţă. Ei erau lupi singuratici, ei apreciau independenţa lor; în ansamblu lor le plăceau *lucrurile,* dar nu aveau destulă pricepere în privinţa *oamenilor*. Răsplata lor era aprobarea egalilor lor şi se presupunea că ei nu rîvneau în nici un chip la admiraţia omului de pe stradă sau la vreo poziţie socială în cadrul societăţii, în prezent, fie că le place sau nu, ei au o asemenea poziţie în societate şi un grad sporit de opulenţă. Ei s-au integrat experienţei comune a oamenilor. Cînd am văzut pentru prima dată că trăsăturile distinctive ale „supraomului[11] — care în secvenţele de desene caricaturale în trecut îl făceau să semene atît de mult cu un jucător american fruntaş de fotbal — se metamorfozează sub ochii mei într-un fizician nuclear american reprezentativ, am simţit că vechiul joc s-a terminat şi că Preşedintele Statelor Unite care va fi ales după cel următor s-ar putea foarte bine să fie un fost om de ştiinţă.

Aceasta este partea pozitivă a bilanţului care

LVIdispoziţia guvernanţilor dar nu să guverneze *(N.T.).*

LVII Conform investigaţiilor Serviciului Ştiinţei cuprinse într-un articol în „Science", nr. 132 (30 septembrie 1960). p. 885.

compensează unele din celelalte schimbări, nu atît de favorabile, care au şi fost observate în prima generaţie a *Ştiinţei mari* de stil nou. Omul de ştiinţă este acceptat, de societate şi trebuie să-şi asume răspunderea faţă de ea într-un mod nou. Expansiunea liberă, oarecum egoistă, prin creşterea exponenţială a proprietăţii private asupra descoperirilor ştiinţifice trebuie moderată atunci cînd ne aflăm în stadiul logistic. S-ar putea ca goana din răsputeri pentru a sosi la „potou" înaintea celui mai apropiat concurent să fie, pe termen lung, o acţiune nepermis de iresponsabilă.

Trebuie afirmat, desigur, ca o chestiune de principiu, că ţara care a atins o maturitate logistică deplină şi este saturată de ştiinţă, trebuie să încerce să se comporte cu maturitate şi înţelepciune; ea ar avea îndatorirea să sprijine ţările mai tinere, care cresc împrejurul ei şi care treptat o vor depăşi în superioritate ştiinţifică.

Unul din lucrurile care cred că se întîmplă este maturizarea unei anumite atitudini responsabile printre fizicieni, analogă aceleia care, în timpuri aproape preistorice, a determinat pe medici să adopte conceptul jurămîntului lui Hipocrat. Contrariu credinţei generale, aceasta s-a întîmplat nu fiindcă doctorii erau persoane deosebit de devotate sau care ar fi purtat grija binelui public, ci pentru că ei erau cu foarte mare uşurinţă consideraţi răspunzători personal de către clienţii lor pentru otrăviri, greşeli profesionale şi altele. Omul de ştiinţă a avut de parcurs o cale mult mai anevoioasă pentru a ajunge la aceasta, pentru motivul că clientul său era de obicei statul şi nu individul. Vina sa apărea în ochii lumii şi

nu în ochii unui individ. Aci mă refer nu numai la probleme ca experienţele nucleare şi radiaţiile atomice, ci şi la o problemă generală, cum este aceea a serviciului pe care ştiinţa îl aduce binelui comun şi perfecţionării înţelegerii superioare din partea omului. Colegiile invizibile şi grupele au acum puterea să elimine din sînul lor pe „otrăvitorii şi provocatorii de avorturi" şi să le ia de pe umeri vechea mantie protectoare a dezinteresării, care era proprie zilelor *Ştiinţei mici.*

Este un fapt încurajator de a descoperi că, în ansamblu, în ciuda diverselor exemple care au căpătat o largă publicitate, întregul corp al oamenilor de ştiinţă a fost remarcabil de unanim în privinţa aprecierilor politice din ultimii ani şi a manifestat consecvenţă cu privire la acţiunile sale publice, în era *Ştiinţei mari.* Analiza recentă a lui Robert Gilpin[LVIII] a acestei consecvenţe constituie un document cît se poate de încurajator. Oamenii de ştiinţă deabia au început să-şi dea seama că deţin în mîinile lor o mare putere, pe care au folosit-o în foarte mică măsură. Rîndurile oameniloi* de ştiinţă de grad superior şi ale administratorilor ştiinţei, care deţin poziţii-cheie au crescut. în aşa măsură încît nu cred că va trece mult timp înainte ca unii din cei buni să înceapă, cu mai multă vigoare, să desfăşoare activităţi politice. Avem nevoie de asemenea oameni pe scena naţională şi pe arena internaţională. Avem nevoie de ei pentru reconstrucţia internă a întregii structuri sociale a ştiinţei şi pentru problemele externe ale ştiinţei puse

LVIII Robert Gilpin, *American Scientists and Nuclear Wea- pons Policy* (Oamenii de ştiinţă americani şi politica armelor nucleare), Princeton, Princeton University Press, 1962.

în slujba omului.

Nutresc speranţa că în aceste conferinţe, trecînd dincolo de amorul propriu şi de prejudecăţile mele în interpretarea datelor, am reuşit să arăt că un întreg şir de neajunsuri şi greutăţi, legate de forţa de muncă ştiinţifică şi de literatura acesteia, fac parte dintr-un singur proces în care descoperim, în sfîrşit, o schimbare în starea ştiinţei, fără precedent timp de 300 de ani. Stadiul nou de maturitate ştiinţifică, care va izbucni în mijlocul nostru în următorii cîţiva ani, va forma sau sfărîma societatea noastră, ne va maturiza sau ne va distruge. între timp, trebuie să ne străduim pentru a fi pregătiţi în vederea unei înţelegeri generale a creşterii ştiinţei şi trebuie să ne aşteptăm la o asumare pe scară mai mare a răspunderii de către oamenii de ştiinţă, care ştiu cum să pună ordine în propria lor casă, mai bine ca oricare alţi oameni din orioare altă epocă.

Mâsura dimensiunii ştiinţei

In era atomică şi spaţială, ştiinţa devine cu rapiditate mult prea importantă pentru a fi lăsată pe seama oamenilor de ştiinţă. Aceasta se datoreşte parţial faptului că oamenii de ştiinţă au dovedit, de-a lungul veacurilor, o ingeniozitate de necrezut în promovarea propriilor lor interese. începînd cu perioada lui Arhimede ei au fost în măsură să demonstreze în mod concludent, oricărui guvern, că acordarea unui sprijin maxim lucrărilor ştiinţifice este esenţială pentru securitatea militară şi economică a statului. Din nefericire, astăzi, necesităţile oamenilor de ştiinţă au început să depăşească posibilităţile de sprijinire, criza fiind resimţită în primul rînd în ţările cele mai mari şi mai dezvoltate. De aceea, începe să se pună problema „ţărilor supradezvoltate“, în care cineva trebuie, într-un fel sau în altul, să înveţe să refuze cel puţin unele din cererile chiar rezonabile ale comunităţii ştiinţifice.

Un alt motiv pentru care controlul ştiinţei este în curs de a scăpa din mîinile oamenilor de ştiinţă îl constituie faptul că a început să se acumuleze o masă considerabilă de înţelepciune convenţională şi tehnică, cu privire la organizarea ştiinţei şi la mecanismele de funcţionare ale acesteia în viaţa industrială, economică şi de învăţămînt a unei naţiuni. Sînt de domeniul trecutului timpurile în care un om de ştiinţă, cu o pregătire superioară şi cu experienţă, sau un cadru de conducere din

administraţia publică putea să-şi însuşească suficient de repede volumul redus de lucrări şi experienţă an-

terioară. în prezent, materialul esenţial, reflectând o erudiţie vastă, apare în ritmul de mai multe cărţi anual, iar cu cîţiva ani în urmă s^a publicat o bibliografie a bibliografiilor „Studiilor de politică ştiinţifică[11] cuprinzînd cîteva zeci de bibliografii lunare şi anuale ce se referă la lucrările publicate în reviste şi teze de doctorat din acest domeniu[1].

Cred că ne îndreptăm spre momentul cînd va trebui să apară o disciplină academică dură, respectabilă şi utilă, care să înfăptuiască pentru ştiinţă ceea ce ştiinţele economice realizează pentru viaţa economică a naţiunilor. Nu mai putem lăsa aceasta pe seama „oamenilor de afaceri[11] ai ştiinţei, ci avem nevoie de o teorie de tipul celei keynesiene, în parte, pentru a o pune în slujba deciziilor de politică şi pentru a preîntîmpina crizele înainte ca acestea să izbucnească şi, în parte, pentru că trebuie să înţelegem mecanismul care determină ştiinţa să acţioneze în modul în care acţionează şi să se dezvolte în modul în care ea se dezvoltă. Este de datoria sociologilor să cunoască tot ce este important pentru societate şi nu este în mod necesar nici sarcina, nici de competenţa celor care activează în domeniul ştiinţelor naturii ca ei să folosească instrumentele profesiei lor împotriva propriei lor persoane şi nici să acţioneze ca propriii lor cobai.

încă din anii 1920 şi 1930, cînd a luat fiinţă[LIX LX] acest gen de „Ştiinţă a Ştiinţelor[14] a devenit evident

LIX Tabelele au fost întocmite de Dr. E. Garfield, Institute for Scientific Information, Philadelphia, S.U.A.

LXD. J. de Solia Price, *The Science of Science,* M. Gol- dsmith şi A. Mackay (editori), Souvenir Press 1964. (Versiunea în limba română a acestei lucrări se găseşte în volumul cu titlul „Ştiinţa despre ştiinţă[1]*, Editura Politică, 1968 — *N.T.).*

că dificultatea esenţială constă în elaborarea unei unităţi rezonabile de măsurare a efortului sau a producţiei ştiinţifice. Fondurile băneşti destinate ştiinţei şi tehnologiei au fost întotdeauna clare şi au putut fi obţinute destul de uşor, dar, în ciuda tuturor eforturilor depuse nu s-a putut descoperi un model sau o lege pentru această masă de date. De asemenea, s-a văzut clar încă de la început că aproape toate datele disponibile referitoare la oamenii de ştiinţă şi la tehnică nu rezistă comparaţiilor ,pe plan internaţional şi că, pe scurt, nici un singur mod de a măsura ştiinţa nu poate fi pus în legătură cu orice alt mod de a măsura ştiinţa.

După cum putem aprecia la ora actuală, această situaţie sumbră are două cauze distincte: pe de o parte, ştiinţa este o activitate atît de competitivă încît efectivul care o slujeşte este repartizat în forma unei piramide cu laturile foarte abrupte, cu un număr foarte mic de persoane de calitate excepţională în vîrful ei şi cu un număr de persoane care creşte rapid, pe măsură ce competenţa scade. Din comparaţia între două ţări, se observă că o modificare foarte redusă a nivelului de calificare poate provoca modificări foarte mari în dimensiunea efectivului oamenilor de ştiinţă şi al tehnicienilor. Pe de altă parte, acum începem să ne dăm seama că grupurile de forţă de muncă ştiinţifică şi tehnică nu reprezintă în nici un fel o unitate şi nici chiar o continuitate. Ele sînt grupuri sociale cu totul diferite, care cuprind, pe de o parte, pe cei ce creează noile cunoştinţe, — oamenii de ştiinţă din domeniul teoriei şi al aplicaţiei — şi, pe de alta, pe cei care sînt creatorii de lucruri noi, substanţe chimice noi, maşini noi, inginerii şi tehnologii. Linia de demarcaţie nu este de loc clară. Există mulţi oameni care au

calificare şi formaţie ştiinţifică şi tehnică şi care nu aduc nici o contribuţie nouă, nici în ce priveşte cunoştinţele noastre şi nici înzestrarea noastră cu obiecte fabricate, dar care lucrează pe baza cunoştinţelor pe care le-au acumulat, cu mult în spatele frontului de cercetare.

La aceste dificultăţi se mai adaugă problemele pe care le ridică analiza oricăror date demografice şi economice internaţionale. în afara diferenţelor în definiţiile acestor date mai există şi diferenţe privind scopul. Uneori cifrele sînt astfel prezentate încît să fie cît mai mari cu putinţă, alteori cît mai mici. Uneori un stat se străduieşte să prezinte maximum posibil de cheltuieli în această direcţie, iar alteori cifrele sînt reduse la minimum. în Statele Unite şi alte cîteva ţări, cheltuielile de cercetare în întreprinderile industriale cele mai complexe din punct de vedere ştiinţific sînt însoţite de unele avantaje fiscale şi de aceea este important ca cheltuielile foarte mari, în special în domeniul dezvoltării aparaturii electronice şi aviatice, să fie incluse în capitolul „Cercetări şi dezvoltare[11]. Intr-adevăr, aceste cheltuieli ocupă o situaţie predominantă în totalul cheltuielilor naţionale, astfel încît cifrele care reprezintă investiţiile făcute de diferite ţări în domeniul cercetării şi al dezvoltării reflectă în primul rînd aceste cheltuieli, ceea ce practic nu oferă aproape nici o indicaţie cu privire la măsura în care o ţară cheltuieşte în realitate mai mult sau mai puţin decît alta pentru cercetări ştiinţifice şi tehnice, în afară de ceea ce în esenţă face parte din cheltuielile pentru aparatura aeronautică şi electronică.

Dificultăţile deja menţionate sînt considerabile, dar din fericire există un aspect al ştiinţei care ne

permite să ocolim toate aceste neajunsuri. Ştiinţa are calitatea intrinsecă de a fi universală şi internaţională într-un sens foarte accentuat al acestor cuvinte. Cunoştinţele ştiinţifice sînt de aşa natură încît, în afară de denumire, nu se poate spune dacă constanta lui Planck a fost, descoperită de un om de culoare sau de un alb, de un evreu sau de un arab, de un german sau de un mexican, de un om sărac sau de unul bogat, sau într-un stat socialist ori într-unul capitalist. Din cauza naturii extrem de impersonale a cunoaşterii ştiinţifice creatoare, ne găsim în situaţia paradoxală pe care Robert Merton a scos-o în evidenţă: proprietatea intelectuală privată asupra unei descoperiri sau creaţii nu poate fi asigurată decît printr-o publicitate largă şi făţişă[3]. Cu cît publicitatea este mai făţişă, cu atît această proprietate privată este mai sigură. După părerea mea, acesta este motivul pentru oare s-a ajuns pe plan internaţional la o oarecare constanţă cu privire la ceea ce constituie în orice domeniu o lucrare ştiinţifică de calitate, pentru a putea fi publicată într-o revistă ştiinţifică bună. S-ar putea ca criteriile să difere de la un domeniu la altul: bănuiesc, de pildă, că în orice ţară este mai uşor să se publice o lucrare de chimie decît una de fizică. Desigur că lucrările se deosebesc enorm de mult unele de altele din punctul de vedere al valorii lor, cele mai importante reprezentînd o fracţiune minusculă din total. Se pare, însă, că limita inferioară a nivelului lucrărilor publicabile în revistele internaţionale serioase face parte dintr-o convenţie internaţională generală şi eficace — aproape cu caracter de conspiraţie — cu scopul de a menţine în funcţiune această practică.

Datorită nivelului constant al lucrărilor,

majoritatea celor care se ocupă de măsurarea producţiei ştiinţifice

[3] R. K. M e r t on, *Priorities in Scientific Discovery — A Chapter in the Sociology of Science,* în „American Sociologica! Review" XXII (1957), p. 635. au fost nevoiţi să ţină evidenţa numărului lucrărilor, a autorilor şi a descoperirilor cuprinse în aceste lucrări. Tehnica acceptată obişnuit constă în a indica existenţa unei mase mari de astfel de date culese pentru alte scopuri (ca de pildă pentru bibliografii ştiinţifice) şi de a arăta cît este de atrăgător să se folosească aceste produse secundare ale activităţii ştiinţifice ca un mijloc de măsurare nesupărător şi silenţios. Apoi se arată că în mod inevitabil este mult mai convenabil să se facă o măsurătoare, care este relativ lesne de realizat, decît să se determine cu exactitate entitatea care a fost măsurată. După aceasta datele pot fi folosite după voie.

Este necesar un sfat, în special pentru oamenii de ştiinţă din domeniul ştiinţelor sociale, în ce priveşte modul de folosire a acestor cifre. După părerea mea, ele nu trebuie considerate date pur empirice care urmează a fi corelate şi proiectate după maniera curentă. Cred că în loc de obişnuita „carte de bucate" a metodelor statistice, metodologia astrofizicii din epoca lui Jeans şi Eddington trebuie luată ca prototip. Pe atunci se foloseau orice date venite din cer, deoarece nici nu putea fi vorba de experienţe şi măsurători, iar apoi se încerca să se găsească legi şi modele convenabile care să explice de ce aceste observaţii aveau forma şi ordinea de mărime pe care o aveau.

Astfel, dacă se afirmă că o ţară cheltuieşte 4o/₀ din produsul său naţional brut (P.N.B.) pentru cercetare şi dezvoltare (C & D) sau dacă se spune că în Israel ar exista 1% din numărul specialiştilor în fizică

nucleară din lume, sau că un sfert din toate descoperirile ştiinţifice sînt redescoperiri, putem să admitem că această afirmaţie are un sens doar dacă ştim la ce ar trebui să ne aşteptăm şi de ce. Nu se cere precizia şi tehnica folosite pentru verificarea legii lui Boyle şi nici caracterul complex al regresiilor şi corelaţiilor; iniţial este nevoie de aceleaşi metode brute şi rapide ca atunci cînd ne întrebăm cîte stele ar trebui să existe într-o galaxie.

Principala limitare în numărătoarea lucrărilor, a autorilor şi a descoperirilor constă în faptul că este nevoie de liste publicate care să facă o selecţie largă a lucrărilor cu un grad de uniformitate rezonabilă şi care să fie suficient de cuprinzătoare. Pentru trecutul mai îndepărtat există lista completă a tuturor publicaţiilor ştiinţifice din cursul secolului al optsprezecelea şi repertorii suficient de bune ale periodicelor savante din lumea întreagă, care au apărut de atunci încoace. Datorită lui Reuss[LXI] există o bibliografie completă pentru secolul al optsprezecelea, deşi aceasta prezintă dificultăţi de numărătoare, cuprinzînd bibliografia întregii literaturi ştiinţifice şi medicale. Pentru secolul al nouăsprezecelea există lucrarea excelentă şi foarte completă *Royal Society's Catalogue of Scientific Papers, 1800—1900,* dar şi cu aceasta se poate lucra numai prin sondaje şi supoziţii. Pentru perioada mai recentă statisticile cuprinzătoare din *Chemical Abstracts* şi *Phy- sics Abstracts* şi alte cîteva publicaţii analoge, care încearcă să includă toate publicaţiile mai importante din diferite domenii specifice, constituie surse excelente pentru anumite

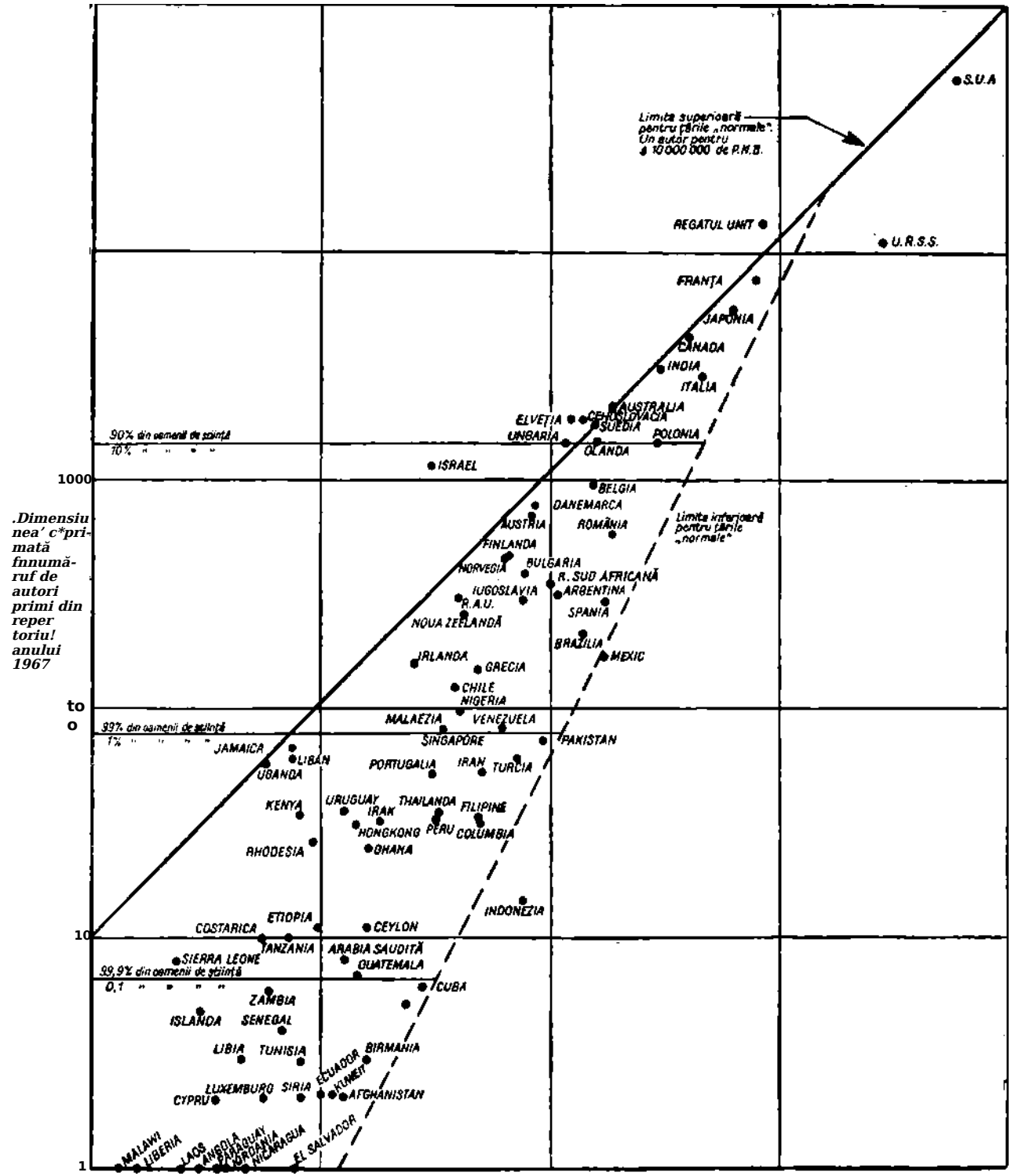
LXI J. D. Reuss, *Repertorium Commentationum a Societatibus Litterariis Editarum,* I—XVI, Gottingen, 1805.

domenii ale ştiinţei.

Cu ajutorul acestor surse, cunoştinţele noastre referitoare la regularităţile statistice rezultînd din măsurătorile producţiei ştiinţifice au progresat considerabil. în prezent se ştie că productivitatea medie a oamenilor de ştiinţă — numărul oamenilor de ştiinţă care scriu o lucrare, două, trei ete., într-un anumit interval de timp — nu diferă prea mult de la o ţară la alta şi aproape de loc de la un secol la altul, începînd din secolul al şaptesprezecelea, cînd s-a inventat lucrarea ştiinţifică, şi pînă în ziua de azi. Aceasta este o confirmare binevenită a ipotezei noastre potrivit căreia cuantumul publicaţiilor s-a menţinut în ansamblu destul de constant. Ea serveşte şi la confirmarea utilităţii definiţiei potrivit căreia omul de ştiinţă este orice persoană care a publicat cîndva o lucrare ştiinţifică. In termenii acestei definiţii putem ajunge la orice altă definiţie ce ar putea fi sugerată, în special la o definiţie cu calificări similare dar mai stringente, de pildă, aceea că un om de ştiinţă este orice persoană oare a publicat un articol într-o revistă internaţională, cel puţin o dată în ultimii doi ani.

In orice caz, se ştie de mult că, aproape indiferent de definiţia exactă, ajungem la descoperirea interesantă că aceste măsurători ale producţiei ştiinţifice şi ale forţei de muncă ştiinţifice au crescut în mod exponenţial cu o regularitate impresionantă şi inevitabilă. Ele cresc într-o măsură atît de prodigioasă încît se dublează la fiecare interval de 7 sau 10 ani, în funcţie de elementele ce se măsoară. Acesta este un ritm de creştere mult mai rapid decît cel aferent oricărei alte trăsături nonştiin- ţifice şi nontehnice a civilizaţiei noastre. Ceea ce ne duce desigur la concluzia, cunoscută de toţi, că 90% din

totalitatea oamenilor de ştiinţă care au existat cîndva sînt acum în viaţă. Ea subliniază, de asemenea, faptul că majoritatea oamenilor de ştiinţă sînt tineri şi că, prin urmare, majoritatea descoperirilor ştiinţifice sînt opera oamenilor tineri. Este, poate, demn de subliniat că toate aceste afirmaţii se bazează numai pe caracterul exponenţial al creşterii şi că ele nu sînt mai



*.Dimensiunea' c*primată fnnumăruf de autori primi din reper toriu! anului 1967*

Dimensiunea economică, P.N.R. milioane dolari S.U.A.

FIG. 20. CORELAȚIA ÎNTRE NUMĂRUL AUTORILOR DE LUCRĂRI ȘTIINȚIFICE ȘI VALOAREA PRODUSULUI NAȚIONAL BRUT

adevărate azi decît erau cu o sută de ani sau chiar cu două secole în urmă. Dacă în prezent ştiinţa pare înfloritoare, aceasta se datoreşte unor factori foarte diferiţi. Intr-adevăr, multe din aceste fenomene nu se datoresc creşterii ritmului, ci unei tendinţe cu totul contrarii. în ţările supradezvoltate devine din ce în ce mai greu de ţinut pasul cu care s-a obişnuit ştiinţa[LXII].

Pe lîngă legile impresionant de precise şi regulate care guvernează distribuţia productivităţii ştiinţifice şi dezvoltarea exponenţială generală, există şi alte regularităţi bine conturate care confirmă faptul că numărarea lucrărilor şi a autorilor este o procedură utilă. S-au făcut o serie de experimente de evaluare a lucrărilor prin impactul exercitat de acestea exprimat în termenii numărului de citate din aceste lucrări. S-au făcut de asemenea experienţe prin atribuirea meritului unei lucrări tuturor autorilor săi, proporţional cu numărul rîndurilor, în loc de a se acorda fiecăruia întreaga contribuţie, aşa cum este mai uzual. în ambele cazuri se poate arăta că efectul asupra legii generale este neglijabil deşi, bineînţeles, numărul de lucrări pe fiecare autor în parte poate avea mult de suferit.

în alte direcţii am putut scoate în evidenţă diferenţele semnificative în structura reţelei care leagă o lucrare de alta în diferite domenii ale ştiinţei şi. s-au înregistrat succese interesante în analiza prbeesu- lui descoperirilor multiple, cînd doi sau mai mulţi autori descoperă şi publică, concomitent sau la epoci diferite, în esenţă acelaşi lucru, fără însă ca aceşti autori să aibă cunoştinţă de lucrarea celuilalt sau a celorlalţi autori. Se poate dovedi că acest paralelism

LXII Pentru o tratare mai amplă, a se vedea cap. I al lucrării de faţă.

este normal şi că el este absolut fortuit şi conform unei distribuţii de tip Poisson. Aproape un sfert din toate descoperirile sînt redescoperiri, ştiinţa este un proces extrem de „redundant[11] şi aceasta s-ar putea să reprezinte o parte a esenţei caracterului său de autocontrol.

S^ar putea ca datele numerice cele mai interesante şi, fără îndoială, cele mai interesante de care dispunem, să se refere la modul în oare ştiinţa este repartizată între ţări şi pe domenii ale ştiinţei. Problema fundamentală a politicii ştiinţifice este, în definitiv, aceea de a şti suma de cheltuit pentru fiecare din diferitele activităţi ştiinţifice şi tehnice. în ultimii ani s-a publicat o listă a lucrărilor după ţara de apariţie pentru miile de lucrări oare apar anual şi sînt semnalate în revistele- cheie, *Chemical Abstracts* şi *Physics Abstracts;* în ultimul caz există subdiviziuni atît pe specialităţi în domeniul fizicii, cît şi după ţara de apariţie[LXIII]. Prima oonstatare generală importantă este aceea că contribuţia diferitelor ţări este similară în domeniul chimiei şi al fizicii în general şi în privinţa diferitelor secţiuni ale fizicii[LXIV]. S-ar fi putut presupune în această privinţă existenţa unei mari variaţii între diferite ţări, dar în realitate neregularităţile sînt foarte reduse, iar cele care există pot fi uşor explicate prin unele particularităţi bine cunoscute. A doua constatare este aceea că cota-

LXIII Stella Keenan şi Pauline Atherton, *The Journal Literature of Physics — A Comprehensive Study Based on Physics Abstracts,* în „Science *Abstracts*" Section A, 1961, The American Institute of Physics, New York, AIP/DRP PAI, 1964.

LXIV D. J. de Solia Price, *Nations Can Publish or Perish,* în *„Internaţional Science and Technology"* **LXX** (1967), pp. 84—90.

parte a fiecărei ţări din literatura ştiinţifică mondială este foarte apropiată — aproape întotdeauna în limitele unui factor egal cu doi — de cota-parte a ţării respective în avuţia mondială, evaluată cît se poate de potrivit în termenii produsului naţional brut. Această cotă^parte diferă mult de aceea a populaţiei mondiale şi are o legătură mai strînsă cu cota-parte a avuţiei decît cu sumele cheltuite pentru învăţămîntul superior al statului respectiv.

Motivul acestei echivalenţe aproximative este în fond simplu. Toate celelalte elemente fiind egale, s-ar putea presupune că dimensiunea ştiinţifică a unei naţiuni trebuie să fie proporţională cu populaţia sa: două ţări egale luate la un loc ar trebui să reprezinte o ţară de dimensiuni duble, atît în privinţa ştiinţei cît şi a populaţiei. De asemenea, pare rezonabil să presupunem că dimensiunea ştiinţifică trebuie legată de o anumită funcţie a avuţiei acestei ţări, ce ar putea fi măsurată după *venitul per capita.* Fiind proporţională cu aceşti doi factori, dimensiunea ştiinţifică este deci determinată de populaţia înmulţită cu o anumită funcţie a avuţiei *per capita.* Acest produs trebuie şi el să fie aditiv, astfel încît singura funcţie simplă ce poate fi folosită este avuţia *per capita* însăşi, iar prin înmulţirea ei cu populaţia totală revenim din nou la avuţia totală. Aceasta se măsoară în modul cel mai convenţional prin produsul naţional brut deoarece caracterul brut al acestor date face inutilă distincţia între P.N.B. la costul factorilor sau orice altă varietate raţională de date exprimate în monedă constantă. O formulare alternativă a acestei propoziţii în termeni pe care unii i-ar considera mai acceptabili este aceea că pentru ţările globului activitatea *per capita* în domeniul ştiinţei are o corelaţie pronunţată cu avuţia *per capita.*

Pentru a da un exemplu concret, S.U.A. publică aproximativ o treime din volumul lucrărilor în domeniul fizicii şi chimiei care apar pe plan mondial, o treime din cele din domeniul astrofizicii şi obţine aproximativ o treime din marile premii şi descoperiri, deţinând totodată aproximativ o treime din avuţia mondială. Contribuţia S.U.A. în acest domeniu depăşeşte cu mult 60/0, procent care reprezintă cota-parte a populaţiei sale în populaţia mondială, şi nu este egală cu cota-parte ce îi revine din cheltuielile militare, care depăşeşte 1/3 din cheltuielile militare mondiale sau cu cota-parte ce îi revine din populaţia universitară. Pentru a face o altă comparaţie elocventă, Canada şi India deţin fiecare aproximativ 2»/o din produsul naţional brut mondial şi un volum de ştiinţă aproape egal, deşi populaţia Indiei este de 25 ori mai numeroasă decît cea a Canadei.

Principala lacună a tuturor datelor disponibile în trecut pe această, linie o consituie faptul că ele au fost clasificate după ţara de publicaţie a lucrărilor şi nu după locul unde s-a efectuat lucrarea ştiinţifică. Aceasta pare a avea o influenţă relativ mică asupra cifrelor aşteptate pentru majoritatea ţărilor mari, în fiecare din aceste ţări existînd mai multe publicaţii folosite pe scară internaţională. Au existat însă unele deformări evidente, ea cea datorată apariţiei în Olanda a mai multor reviste de fizică de importanţă mai curînd internaţională, decît naţională. Acest fenomen a prezentat inconvenientul grav al neglijării aproape în întregime a contribuţiei acelor ţări care erau mai mici decît cele „Zece Mari“ şi al publicării celei mai mari părţi a articolelor valoroase din ţările mai mici în publicaţiile ţărilor mai mari. De aceea din datele anterioare nu rezultă clar dacă în aceste ţări există în fapt un fel de „deşert“ ştiinţific în care

munca ştiinţifică să fie aproape complet absentă.

Mulţumită unui nou produs secundar al căutării constante de către omul de ştiinţă pentru a găsi instrumente bibliografice mai perfecţionate, putem îndrepta acum această situaţie şi pentru prima oară putem prezenta o serie de cifre pentru toate ţările şi oraşele mai mici care se ocupă de ştiinţă, inclusiv cele din Israel, care întâmplător prezintă o situaţie mai extremă decît orice alt caz cunoscut. Noul instrument folosit recent este *Internaţional Directory of Research and Develop- ment Scientists, 1967* (Repertoriul Internaţional al oamenilor de ştiinţă din domeniul cercetării şi dezvoltării, 1967) editat de Institutul de informare ştiinţifică din Philadelphia, care publică şi *Science Citation Index* (Indicele de citate ştiinţifice); acesta din urmă a fost de asemenea extrem de valoros ca sursă de date statistice. Noul *repertoriu* enumeră în ordinea geografică, pe ţări, state şi oraşe, precum şi pe instituţii, numele fiecărui om de ştiinţă care figurează primul, ca autor al unei lucrări în publicaţia *Current Contents* din anul 1967. Această publicaţie cuprinde, desigur, o selecţie amplă a principalelor reviste din întreaga lume în toate domeniile ştiinţei şi ale tehnologiei inclusiv medicina, iar din diferite verificări se ştie că ea cuprinde 80—90% din valoarea de impact, măsurată prin citatele din bibliografia publicaţiei respective.

Lacuna principală a noilor date constă în aceea că ea cuprinde doar lista primilor autori ai articolelor, o serie de nume de autori se pierd şi aceasta în special în ţările în care există convenţia instituţională şi ierarhică ca şeful unei instituţii sau un profesor să fie pus în mod automat primul, ca autor. Ca rezultat al lipsei unei convenţii internaţionale, numărul autorilor pentru aceste ţări poate fi micşorat chiar cu un factor

egal cu doi, faţă de ţările în care numele autorilor sînt înşiruite, uneori în ordine alfabetică, uneori în ordinea meritului, după poziţia sa sau după nici unul din aceste principii. Datele acestea constituie totuşi, pentru prima dată, cifre destul de sigure în ce priveşte oraşele şi ţările pentru care nici o numărătoare anterioară nu era suficient de universală şi cuprinzătoare. Desigur că cifrele sînt valabile doar la o scară relativă şi au o semnificaţie absolută redusă, dat fiind că numai o parte a autorilor publică lucrări în decursul fiecărui an, iar localitatea este întotdeauna cea menţionată în lucrare ca adresă oficială de unde se pot obţine extrasele imprimate. Este însă greu să se găsească o definiţie mai corespunzătoare a ţării în care se produce ştiinţa şi care să poată fi aplicată în mod atît de automat.

Rezultatul unei numărători efectuate cu ajutorul unui calculator electronic, privind producţia primului an a acestui indicator, care prezintă cîteva erori de corectură şi care fără îndoială se va perfecţiona an de an, arată că 90o/o din ştiinţa mondială este concentrată în 14 ţări şi că 40 de state nu furnizează la un loc decît 1% din lucrările ştiinţifice pe plan mondial. România ocupă locul 23, avînd un număr de oameni de ştiinţă comparabil cu cel existent în Austria şi Finlanda, sau cu cel din oraşe cum sînt Ottawa sau Stockholm (tabelul 4). în Bucureşti, există un număr de oameni de ştiinţă comparabil cu cel existent în întreaga Bulgarie, mai mare decît cel din Argentina sau R.A.U.

Datorită acestor cifre se poate vedea, pentru prima dată, modul în care fiecare ţară îşi repartizează efectivul ştiinţific între principalele sale oraşe (tabelul 5). Această repartiţie este foarte diferită de aceea a

populaţiei nonştiinţifice din oraşele respective. Este interesant de observat că pe această bază se poate stabili pentru fiecare ţară care sînt principalele oraşe în care se desfăşoară o activitate ştiinţifică, inclusiv cele pentru care se poate presupune că volumul lucrărilor ştiinţifice este mai mare decît cel publicat.

Poate că interesul cel mai mare pe care îl prezintă noile date rezultă din investigarea modului în care contribuţia ţărilor mai mici la ştiinţa pe plan mondial se compară cu cota-parte a acestor ţări la avuţia mondială şi la populaţia din lumea întreagă.

Tabelul 4
MARI ORAŞE CU ACTIVITATE ŞTIINŢIFICĂ (numărul primilor autori ai lucrărilor ştiinţifice din 1967)

Din lumea întreagă		*Din lumea întreagă*	
Moscova	**4 982**	**Montreal**	**522**
Londra	**2 915**	**Milano**	**480**
Paris	**1 804**	**Varşovia**	**460**
Tokio	**1 681**	**Copenhaga**	**454**
Leningrad	**1 309f**	**Zurich**	**444**
Praga	**882**	**Birmingham**	**427**
Kiev	**728**	**Kyoto**	**418**
Cambridge	**720**	**Glasgow**	**386**
Osaka	**719**	**Roma**	**386**
Budapesta	**667**	**Manchester**	**386**
Oxford	**635**	**Ierusalim**	**374**
Miinchen	**627**	***Bucureşti***	***370***
Ottawa	**571**	**Viena**	**364|20%**
Stockholm	**546**	**Edinburg**	**357**
Toronto	**526**	**Orsay Sydney**	**350**
			341

Din lumea întreagă		*Din lumea întreagă*		
			27	
Hamburg	**331**	**Sheiffield**	**6**	
Basel	**323**	**Liverpool**	**27**	
Sofia	**321**	**Gothenbur**	**27**	
Frankfurt	**307**	**Harkov**	**27**	
Geneva	**306**	**Bristol**	**26**	
Vancouver	**296**	**Helsinki**	**26**	
Nagoya	**293**	**Strassbour**	**25**	
Melbourne	**292**	**Rehovoth**	**25**	
Bruxelles	**290**	**Sendai**	**25**	
Uppsala	**289**	**Oslo**	**250**	**ţ33020**
Amsterdam	**285**	**Leeds**	**24**	**50% din nr.**
Deliii	**283**	**Gif-Y vette**	**24**	**total al**
Freiburg	**280**	**Edmonton**	**24**	**nilor de**
Calcutta	**276**	**Minsk**	**231**	**ţă din întreaga**

Din S.U.A.		*Din S.U.A.*	
New York	**2 783**	**New Haven**	**543**
Washington	**1 506**	**St. Louis**	**537**
Boston	**1 453**	**Princeton**	**480**
Philadelphia	**1 407**	**Buffalo**	**473**
Chicago	**1 404**	**Columbus**	**459**
Dos Angeles	**1 205**	**Urbana**	**458**
Cambridge	**1 010**	**Palo Alto**	**451**
Bethesda	**911**	**Rochester**	**448**
Berkeley	**869**	**Pasadena**	**444**
Pittsburgh	**720**	**Standford**	**406**
Madison	**702**	**Ithaca**	**405**
Ann Arbor	**679**	**Durham, N.C,**	**394**
Seattle	**648**	**New Orleans**	**369**
Cleveland	**632**	**Murray Hill**	**366**
San Francisco	**613**	**Denver**	**350**
Houston	**576**	**Oak Ridge**	**327**
Minneapolis	**575**	**Detroit**	**325**

Din S.U.A.		*Din S.U.A.*	
Dallas	**323| 20%**	**Syracuse**	**252f2897 4**
Boulder	**317**	**University Park, Pa**	**249**
Gainsville	**311**	**East Lansing**	**247**
Rochester,	**307**	**San Diego**	**246**
Bronx	**298**	**Upton, N.Y.**	**246**
Atlanta	**296**	**La Jolla**	**231**
Davis, Calif.	**294**	**Indianapolis**	**227**
Cincinatti	**290**	**Dayton**	**208**
Argonne	**286**	**Salt Lake City**	**203**
Iowa City	**282**	**New Brunswick,**	**197**
Lafayette	**281**	**Nashville, Tenn.**	**194**
Ames	**256**	**Lexington, Ky.**	**194**
Austin	**253**	**Portland, Oreg.**	**190**

Tabelul 5

DISTRIBUŢIA PROCENTUALĂ A OAMENILOR DE ŞTIINŢĂ CARE AU PUBLICAŢII, DIN UNELE ŢĂRI, - PE PRINCIPALELE ORAŞE

ale Americii		***Statele Unite U.R.S.S.***		***Regatul Unit***	
New York	**5**	**Moscova**	**50**	**Londra**	**23**
Washington	**3**	**Leningrad**	**13**	**Cambridge**	**5**
Boston	**3**	**Kiev**	**7**	**Oxford**	**4**
		Harkov	**5**	**Birminghat**	**3**
				Glasgow	**3**
				Manchester	**3**
Franţa				***Japonia***	
Paris	**26**			**Tokio**	**33**
Orsay	**5**			**Osaka**	**14**
Gif-Yvette	**3**			**Kyoto**	**8**
				Nagoya	**6**

Ottawa	**14**	**Milano**	**18**	**Bucure**
Toronto	**13**	**Roma**	**14**	
Montreal	**13**			
Cehoslovacia		***Ungaria***		***Polonia***
Praga	**52**	**Budapesta**	**66**	**Varşovia**
Suedia		***Danemarca***		***Elveţia***
Stockholm	**33**	**Copenhaga**	**62**	**Ziirich**
Canada		***Italia***		***România***

Această listă include oraşele ştiinţifice din lumea întreagă, în afară de S.U.A. (cu excepţia celor trei menţionate), pînă la mărimea Ierusalimului.

Tabelul 6

DISTRIBUŢIA PROCENTUALĂ A POPULAŢIEI MONDIALE, A PRODUSULUI NAŢIONAL BRUT ŞI A PERSONALULUI ŞTIINŢIFIC CU LUCRĂRI PUBLICATE

	Populaţie	***P.N.B.***	***Oameni de ştiinţă***
S.U.A.	**5,9**	**32,8**	**41,5**
U.R.S.S.	**7,0**	**15,6**	**8,0**
Regatul Unit	**1,6**	**4,8**	**8,1**
Franţa	**1,4**	**4,5**	**5,4**
Japonia	**2,9**	**3,6**	**4,1**
Italia	**1,5**	**2,6**	**2,2**
Canada	**0,6**	**2,2**	**3,2**
India	**14,4**	**2,2**	**2,3**
Elveţia	**0,2**	**0,6**	**1,4**
Israel	**0,08**	**0,15**	**0,9**
Restul ţărilor din Apropiat	**2,5**	**0,85**	**0,4**
America Latină	**7,0**	**3,7**	**0,9**

Avuţia *per capita* determină numai într-o măsură oarecare puterea ştiinţifică ce revine *per capita.* Aşa

cum rezultă din grafic (fig. 20) puterea ştiinţifică totală este în corelaţie pronunţată cu avuţia economică în cazul majorităţii ţărilor de pe glob. Ţările cele mai dezvoltate din punct de vedere ştiinţific, de la cele mai mari şi pînă la cele mai mici, se grupează toate de-a lungul unei linii care corespunde unui autor care figurează în *Internaţional Index* pentru fiecare 10 milioane dolari de produs naţional brut. Nu trebuie pierdut din vedere faptul că acest număr de autori reprezintă doar un indicator relativ şi nu absolut al numărului total de lucrători ştiinţifici. Putem normaliza într-o oarecare măsură datele dacă observăm că în 1964 sau în jurul acestui an, majoritatea statelor avansate şi mici au cheltuit aproximativ unu la sută din produsul lor naţional brut pentru cercetări ştiinţifice fundamentale şi aplicative, dar fără a include cheltuielile considerabile din domeniul cercetării de dezvoltare[LXV]. Dacă am presupune că *Internaţional Index* enumeră pentru fiecare ţară doar aproximativ un sfert din numărul total al acelor oameni de ştiinţă care se ocupă de cercetare şi că restul de 3/4 sînt antrenaţi în lucrări care nu vor fi publicate în anul respectiv (sau chiar niciodată!), atunci rezultă că fiecare ţară cheltuieşte pentru fiecare grup de patru oameni de ştiinţă aproximativ 100 000 de dolari — deci 25 000 de dolari pentru fiecare om de ştiinţă — sumă care acoperă salariul şi cheltu-

LXV De remarcat că cifra de l°/o nu este constantă. Ea trebuie să se dubleze o dată la 10 ani sau aproximativ la acest interval, astfel încît pe la mijlocul anilor 1970—1980 ea va fi de 2%. Cercetarea ştiinţifică creşte în ce priveşte numărul personalului şi devine mai costisitoare raportată la fiecare om: ambele rate de creştere sînt cel puţin la fel de rapide ca aceea a P.N.B.

ielile pentru echipament şi regie generală.

Numai ţările binecunoscute în privinţa activităţii ştiinţifice se apropie aproximativ de această limită; majoritatea ţărilor mai mici scad sub această limită, iar cu cît o ţară este mai mică cu atît ea va scădea mai mult sub această normă.

(6)

Cercetare asupra cercetării

Majoritatea oamenilor de ştiinţă studiază natura înconjurătoare şi comportamentul elementelor sale atît însufleţite cît şi neînsufleţite — ei sînt biologii şi fizicienii, chimiştii şi astronomii. Obiectul curiozităţii noastre îl formează natura ştiinţei însăşi, precum şi comportamentul omului de ştiinţă în cercetarea acesteia. De ce şi cum acţionează omul de ştiinţă? De ce ştiinţa „apare“ tocmai în modul în care ea apare şi nu altfel? Iar, pe scurt, ca să folosim însăşi metafora pe care o folosesc oamenii de ştiinţă, care este mecanismul care face ca ştiinţa să funcţioneze? Cum este posibil ca o succesiune de acţiuni izolate, să se poată acumula în cunoaşterea ştiinţifică într-un mod care pare să ajungă mai departe şi mai repede decît cunoştinţele non- ştiinţifice?

Ca un preambul, datorită caracterului special al acestei cercetări, este necesar să aruncăm o privire asupra acelor „profesiuni paraştiinţifice“ — cum le-a denumit cîndva George Sarton — specialităţile academice ale istoriei şi filozofiei ştiinţei, împreună cu adaosurile mai recente ale sociologiei şi economiei ştiinţei, ale psihologiei oamenilor de ştiinţă (şi a psihiatriei lor, în măsura în care aceasta este specială). Ar trebui poate să includem şi domeniile studiilor de conducere a cercetării şi studiilor de politică a ştiinţei, ambele devenind tot mai diverse şi mai puternice, pe măsură ce creşte importanţa ştiinţei în cadrul marilor întreprinderi şi al administraţiei publice mai extinse.

întregul complex, împreună cu tipul materialului pe care îl voi expune aici, este denumit uneori „ştiinţa ştiinţelor^; această denumire îmi displace, motiv pentru care încerc un experiment cu titlul acestui capitol. Cu toate acestea, se pare că denumirile care conţin repetări nu mai sînt la modă în domeniul ştiinţei încă din ziua în care a fost botezat Galileo Galilei. Predilecţia mea pentru acest gen de muncă intelectuală şi, nu pentru alta, izvorăşte din dorinţa de a vedea toate laturile frontului cercetării în toate ramurile ştiinţei; în timp ce încercam să intru în graţiile muzei istoriei, nu am reuşit să uit nici un moment că am fost fizician. De aceea am fost întotdeauna foarte mult ispitit să încerc să înţeleg mecanismul de funcţionare al ştiinţei, nu în maniera umanistă uzuală, ci cu instrumentele dure şi precise, cantitative şi matematice, ale modului de gîndire şi de înţelegere ale fizicianului.

Dar îndemnul, pe de o parte şi căile de a-1 îndeplini, pe de alta, sînt două lucruri diferite. Gîndirea cantitativă este absolut imposibilă fără un stoc apreciabil de date. Cînd Bernal scria despre organizarea socială a ştiinţei pe la sfîrşitul anilor 1930—1940, datele exacte de care el dispunea pentru a stabili numărul oamenilor de ştiinţă existenţi sau importanţa realizărilor dintr-un anumit domeniu al ştiinţei sau într-o anumită ţară erau aproape inexistente. în prezent, cînd ne aflăm deja în era atomică şi spaţială şi mulţumită preocupărilor guvernamentale de a justifica fondurile solicitate şi efectivul de care dispunem, avem la înde- mînă statistici cuprinzătoare din mai multe ţări, inclusiv volumul impresionant de date prelucrate de maşini şi publicate în masă, de toate agenţiile federale ale guvernului Statelor Unite. Ocupîndu-ne de creşterea gi-

gantică a literaturii ştiinţifice, de societăţile ştiinţifice de proporţii foarte mari şi de revistele publicate de acestea, ne găsim în posesia unui depozit de date, care adeseori sînt produsul incidental al funcţiei principale de conducere, şi care erau inexistente pînă cu aproximativ zece ani în urmă.

în unele privinţe volumul datelor disponibile creează, în cazul de faţă, dificultăţi, după cum s-a întîmplat şi în domeniul meteorologiei. Este nevoie de un mare număr de date pentru a elabora chiar şi o teorie şubredă, iar pentru a putea explica chiar o cantitate redusă de date, cu o suficientă claritate pentru a efectua previziuni mărunte, este nevoie de multă teorie. Situaţia este destul de asemănătoare cu cea în care se afla astronomia pe timpul lui Tycho Brahe, situaţie pe care cel care se ocupă de istoria ştiinţei o cunoaşte foarte bine, fiind unul din cazurile „cheie“ în studiul său. S-a acumulat o masă de date; noi am început să procedăm la generalizări şi proiecţii empirice comparabile cu legile lui Kepler ale mişcării planetelor. Etapa actuală trebuie să fie continuarea ambelor eforturi, precum şi o epocă în care se fac primii paşi, şovăitori, spre acele legi newtoniene care vor explica cu exactitate de ce mişcările descrise de Kepler se comportă într-un anumit mod.

Este greu de realizat o înţelegere de acest gen. Ea presupune necesitatea de a fi nu numai un om de litere, ci şi un om familiarizat cu matematica. Va trebui să gîndim în numere. Iar acest lucru este şi mai dificil, datorită faptului că în cazul de faţă oamenii de ştiinţă devin propriii lor cobai de experienţă într-o manieră de tip Haldane şi ei au suspiciuni foarte puternice, uneori aproape psihotice, faţă de orice încercare de a-i evalua pe ei şi lucrările

lor în acelaşi mod în care ei evaluează universul. în cazul de faţă, suspiciunile sînt parţial justificate deoarece metodologia fundamentală are o asemănare supărătoare cu ceea ce mi s-a povestit despre metoda de cîntărire a porcilor, practicată în Texas. Pe o scîndură basculantă se aşază, la un capăt, porcul care trebuie cîntărit, iar la celălalt capăt se aşază pietre pînă în momentul în care scîn- dura ajunge la echilibru. Apoi se evaluează greutatea pietrelor.

In lucrarea de faţă am folosit numărătoarea efectivului ştiinţific al lucrărilor şi revistelor publicate, al brevetelor şi al sumelor de bani, apoi am presupus că toate aceste cantităţi măsoară într-un mod misterios „dimensiunea^ ştiinţei. Poate că metoda nu este chiar atît de rea cum pare. Majoritatea măsurătorilor arată o regularitate statistică foarte accentuată şi se supun cu o precizie remarcabilă unor legi echivalente cu legile lui Kepler. Ştiinţa măsurată în acest mod, deşi el pare puţin riguros, are un comportament mult mai regulat decît majoritatea caracteristicilor măsurabile ale civilizaţiei noastre. Se poate spune că ştiinţa are un comportament mult mai regulat decît oamenii.

Este posibil ca exemplul cel mai bun al acestei regularităţi să fie observat în prima lege a cercetării asupra cercetării. Această lege afirmă că dacă se măsoară dimensiunea ştiinţei în funcţie de timp, se constată că progresul reprezintă o creştere exponenţială regulată, valabilă pentru perioada care durează de 200 de ani şi că ea menţine o rată de creştere asemănătoare do- bînzii compuse, care se dublează la fiecare interval de 10—15 ani, o înmulţire cu un factor egal cu 10, de două sau de trei ori în cursul unui secol. Se obţine o rată aproape egală, indiferent dacă este vorba de numărul oamenilor de

ştiinţă, al publicaţiilor ştiinţifice sau al lucrărilor publicate în acestea. Ratele variază foarte puţin de la un domeniu ştiinţific la altul, de la o ţară la alta.

Pentru a deplasa acest exemplu la etapa următoare, pe lingă consideraţii numai de ordin empiric, trebuie să punem două feluri de întrebări. în primul rînd, de ce creşterea regulată este exponenţială şi cum poate fi calculată rata creşterii sale pe baza altor parametri? In al doilea rînd, această lege a creşterii fiind dată, ce alte consecinţe decurg din ea şi cum se leagă de alte aspecte ale ştiinţei ce ar putea fi măsurabile? Prima întrebare, care pretinde cunoaşterea oricărui mecanism care stă la baza ştiinţei, are o prioritate evidentă: pentru un matematician este evident că creşterea exponenţială decurge ca o soluţie din ecuaţia diferenţială dx/dt = kt; adică, situaţia este valabilă atunci cînd rata creşterii este menţinută într-un mod oarecare într-o proporţie constantă faţă de mărimea atinsă de populaţie. Oamenii de ştiinţă generează alţi oameni de ştiinţă, iar cunoştinţele mai vechi dau naştere cunoştinţelor noi, într-un ritm constant. Se pare că acest lucru este adevărat pentru toate cunoştinţele şi toate tipurile de oameni, dar, aşa cum vom arăta mai jos, în ce priveşte ştiinţa şi oamenii de ştiinţă, se pare că există o structură specială a frontului cercetării care conferă acestei activităţi o rată de creştere care depăşeşte cu mult orice alte activităţi ale speciei umane.

Pentru a doua întrebare care se referă la consecinţele acestui mod de creştere, există unele răspunsuri oarecum celebre. Printre aceste consecinţe este faptul că majoritatea oamenilor de ştiinţă din toate timpurile sînt încă în viaţă acum şi că majoritatea acestor oameni de ştiinţă în viaţă sînt oameni tineri.

Aceste fapte alarmante sînt foarte uşor de dovedit. In prezent, vorbind în linii mari, toţi oamenii de ştiinţă care s-au născut cu 20 pînă la 65 de ani în urmă sînt în viaţă. După o evaluare minimală, intervalul acesta reprezintă trei perioade în care ştiinţa s-a dublat ca dimensiune. De aceea, pentru orice persoană născută înainte de prima din aceste perioade va exista încă o persoană din prima perioadă de dublare, două din a doua perioadă şi patru din ultima perioadă. Aşadar, dintr-un număr de opt oameni de ştiinţă care au trăit cîndva, şapte trăiesc în prezent, patru din ei începîndu-şi activitatea în ultimii 15 ani. Rezultă că 87,5% (sau în cifră rotundă 90%) din toţi oamenii de ştiinţă care au existat vreodată trăiesc în prezent, şi că din aceştia, mai mult de jumătate activează de mai puţin de 12 ani.

Deşi argumentul este atît de simplu, faptele dau o explicaţie destul de profundă unora din caracteristicile cele mai pătrunzătoare ale ştinţei, observată de istorici şi sociologi. Ştiinţa are o calitate persistentă, aceea de a fi imediată şi juvenilă. Faptul că oamenii de ştiinţă sînt tineri şi că jumătate din tot ce ştim s-a descoperit în ultimii zece ani este valabil nu numai în prezent; acest lucru a fost adevărat întotdeauna. Dat fiind că aceasta este o consecinţă a creşterii exponenţiale care a predominat în ultimii 200 sau chiar 300 de ani, Ben Franklin şi poate chiar Isaac Newton ar fi putut afirma acelaşi lucru cu privire la ceea ce era nou şi la măsura în care ştiinţa era produsul epocii lor, aşa cum nu fusese niciodată posibil să se spună în perioadele anterioare. Ştiinţa înaintează cu mult mai repede decît oamenii, cu mult mai repede decît civilizaţia.

Cele arătate mai sus nu evidenţiază cît de acută este situaţia de fapt. Oamenii intră în domeniul

ştiinţei şi ideile noi îşi fac apariţia pe scenă; unii oameni părăsesc scena, iar unele idei dispar prin respingere şi desuetudine. Orice măsurătoare judicioasă poate arăta *că* procentul mortalităţii este de aceeaşi ordine de mărime ca şi creşterea globală. Dat fiind că coeficientul general al creşterii este de ordinul a 7% anual, urmează că aceasta este rezultatul unui coeficient de natalitate de aproximativ 15% anual şi al unui coeficient de mortalitate de 7% sau 8% anual. Situaţia aceasta este oarecum asemănătoare cu aceea a unui sat foarte primitiv în care toate femeile nasc aproape în fiecare an, dar în care situaţia medicinii este la un nivel atît de scăzut încît un segment apreciabil al populaţiei, atît adulţi cît şi copii, moare în fiecare an. Rezultatul este că satul respectiv conţine un nucleu foarte redus de adulţi care furnizează forţa de muncă şi care din întîmplare au putut supravieţui atît de mult, şi o mare masă de copii mici, care s-ar putea spune că nu fac decît să treacă prin existenţă.

Se întîmplă că într-un sat de acest gen sau, ca să revenim la oamenii de ştiinţă, într-o populaţie de oameni de ştiinţă, majoritatea celor care exercită această profesie sînt nou-veniţi în rîndurile ei, dar că aproape o jumătate din munca depusă — calculată în om-ani — se datoreşte acelei mici minorităţi stabile de indivizi care întîmplător au supravieţuit mortalităţii enorme. Exprimată în cifre dure — indiferent de modul în care se fac măsurătorile — dimensiunea nucleului rezistent, căruia i se datorează aproximativ jumătate din om-anii de lucru (jumătate din lucrări), este aproximativ egală cu rădăcina pătrată a mărimii populaţiei totale. Numărul mare de copii „care trec prin existenţă[11] are corespondentul său în ştiinţă. In această epocă de mare dependenţă

financiară a oamenilor de ştiinţă tineri faţă de cei în vîrstă, cei tineri devin asistenţii şi colaboratorii celor mai în vîrstă şi tocmai acest proces explică creşterea rapidă a numărului autorilor în colaborare ai lucrărilor ştiinţifice. In 1870 erau foarte rare cazurile cînd o lucrare ştiinţifică avea doi pretendenţi la proprietatea intelectuală, în loc de unul singur. Către anul 1970 vom fi făcut paşi importanţi pe calea lichidării complete a lucrărilor elaborate de un singur autor în domeniile ştiinţifice cele mai presante şi mai mult finanţate şi chiar ne vom îndrepta spre fenomenul unui număr aproape infinit de autori pentru fiecare din numărul aproape infinit de lucrări. Toţi autorii secundari — acei care nu fac decît să treacă prin ştiinţă — sînt o parte din cursa nebunească a ştiinţei moderne; numele lor măreşte lista din publicaţia „Oamenii de ştiinţă americani[14], iar în următoarea ediţie a acesteia multe din aceste nume vor fi dispărut, altele le vor lua locul, şi numai rădăcina pătrată a populaţiei rămîne ca nucleu al oamenilor „cunoscuţi[44].

Tot în spiritul anchetei noastre există în acest caz două modalităţi de a proceda, şi anume: putem cere o „lege newtoniană[41] care să guverneze cursa nebunească sau putem formula cererea de a obţine unele consecinţe practice în afara celor pe care le-am menţionat. Este posibil ca principala consecinţă să fie faptul că prin investigarea personajelor de importanţă minoră se poate arăta cu uşurinţă că colaborarea nu înseamnă comasarea talentelor pentru a produce o lucrare mai bună sau o lucrare diferită; în majoritatea cazurilor ea trebuie să fie un instrument cu ajutorul căruia să se obţină lucrări de la persoane care, în esenţă, nu par capabile să producă decît cel mult o jumătate dintr-o lucrare

ştiinţifică. Numărul acestora este cu mult mai mare decît îndoitul numărului celor care sînt capabili să producă un articol întreg; astfel, prin utilizarea forţei de muncă de calitate inferioară, producţia de lucrări ştiinţifice poate fi mai mult decît dublată. Nu este nevoie de nimic altceva decît de un număr suficient de persoane capabile şi mai în vîrstă care să conducă echipele şi de stimulenţi suficienţi pentru a determina marele număr de persoane mai puţin valoroase să aspire cu avînt la şansa de a supravieţui şi de a deveni una din personalităţile mari şi în vîrstă.

Pentru a atenua întrucîtva situaţia, aş propune cu tărie să hotărîm recunoaşterea dreptului de autor în proporţie de 1/n dintr-un punct pentru fiecare din cei n autori ai unei lucrări scrise în colaborare. Din legile noastre rezultă destul de limpede că, în medie, ei nu merită mai mult decît atît. Desigur că ei nu merită cîte un punct fiecare.

Legea exactă din care decurg acestea, legea distribuţiei calităţii în rîndul oamenilor, lucrărilor, revistelor, instituţiilor etc., ar putea fi denumită a doua lege a cercetării asupra cercetării. Rezultă că distribuţia este, în toate cazurile, destul de asemănătoare cu legea lui Pareto a repartiţiei veniturilor economice dintr-o ţară. Ea este asemănătoare şi cu legea lui Zipf care reglementează mărimea oraşelor în cadrul unui teritoriu sau lungimea cuvintelor sau a propoziţiilor într-un eşantion de limbaj. Toate aceste legi sînt aproximaţii matematice care, în linii mari, sînt echivalente unele faţă de altele, fiind distribuţii logaritmice normale sau distribuţii aproximativ conforme legii pătratelor inverse. Ele sînt foarte asimetrice şi foarte diferite de distribuţiile obişnuite de tip Gauss, care au aplicabilitate universală la entităţi cum ar fi înălţimea,, greutatea şi inteligenţa populaţiilor mari.

O modalitate de a examina aceste distribuţii este de a le compara cu bulele de săpun. Aceste bule au proprietatea curioasă că atunci cînd două din ele se întîl— nesc şi vin în contact, cea mai mică măreşte volumul celei mari. In majoritatea celorlalte cazuri de interacţiune fizică tot ce este mare cedează faţă de ce este mic, astfel încît universul se nivelează treptat în drumul său spre moartea cea mare a căldurii, datorită legii entropiei. în ce priveşte bulele de săpun şi oamenii de ştiinţă, semnul interacţiunii este inversat, iar statisticile populaţiei tind spre situaţia în care majoritatea spaţiului este ocupat de un număr foarte mic de bule mari. In mod corespunzător, cea mai mare parte a lucrărilor ştiinţifice este efectuată de cîţiva oameni de ştiinţă foarte capabili şi productivi, deşi un număr foarte mare de persoane mai puţin valoroase se străduiesc să atingă această situaţie proeminentă, murind ca muştele pe drum.

Pentru a fi cu ceva mai precişi în privinţa acestei distribuţii, şansa, exprimată în cifre, de a dubla dimensiunea realizărilor, atît în ce priveşte oamenii cît şi instituţiile, este în mod uniform de aproximativ 1 la 4, indiferent de mărimea deja atinsă. Şansa unui autor de a publica alte zece lucrări dacă a publicat deja zece este de aproape 1 la 4; şansa de a elabora încă o lucrare dacă nu a publicat deja decît una singură este de 1 la 4. Mortalitatea reprezintă întotdeauna celelalte 3 şanse din 4; mortalitatea se datoreşte întotdeauna principiului bulei de săpun; oamenii de ştiinţă cei mai eminenţi şi cu mai multă experienţă tind să obţină rezultate înaintea ceior care se află pe o treaptă inferioară. Ştiinţa este întîmplător de aşa natură încît ea pare a fi singurul domeniu ce a mai rămas de descoperit. Dacă constanta este descoperită de Plank, nu se mai poate repeta această

descoperire: ea a fost deja făcută. Dacă Beethoven nu ar fi existat, alţii ar fi scris simfonii cu totul diferite; opera lui Beethoven nu poate fi confundată. Dacă însă Plank nu ar fi făcut această descoperire specifică, ar fi trebuit ca altul să o facă, iar istoricul ştiinţelor moderne ştie că acesta ar fi făcut descoperirea destul de repede. Majoritatea descoperirilor care merită să fie făcute sînt într-adevăr făcute de mai multe persoane, astfel încît sindromul priorităţii disputate şi al controversei ulterioare pentru recunoaşterea priorităţii este unul din cele mai cunoscute în istorie. Merton a examinat din punctul de vedere al sociologului acest tip de acţiune de genul bulei de săpun, iar pentru el acesta a devenit principiul biblic al lui Matei „celui care are i se va da şi celui care nu are i se va lua chiar ceea ce are". Ştiinţa este un cîmp de luptă destul de necruţător.

La acest punct trebuie să ne întoarcem în urmă, pentru a examina mecanismul fundamental prin care ştiinţa acumulează şi se poate dezvolta exponenţial într-un ritm atît de sigur şi rapid faţă de ceea ce nu este ştiinţă. Cunoştinţele noastre privind acest mecanism provin ca un avantaj incidental din producţia publicaţiei *Science Citation Index,* publicaţie trimestrială şi anuală în care se poate găsi orice lucrare publicată vreodată şi se poate afla dacă şi cine a citat-o> vreodată în bibliografia unor lucrări mai recente din cele peste o mie de reviste importante publicate în lumea întreagă, în toate domeniile. Desigur că marele avantaj al acestui indicator constă în faptul că el este unicul tip de indice care ţine pasul cu apariţia materialelor noi în loc de a privi în urmă la materialele din cern ce mai vechi; el este, de asemenea, singurul tip- de categorisire pe materii, care nu îngăduie expertului în catalogare,

bibliotecarului sau oricărui alt „expert- să se interpună între generatorul de informaţie şi cel care o caută.

Fiecare din aceste indicatoare anuale de citate conţine date referitoare la milioane de referinţe şi sîntem foarte norocoşi că putem utiliza rezultatele diferitelor sortări şi numărători pentru a determina modul în care lucrările sînt legate între ele prin practica citării reciproce. Se constată că există două variabile principale. Prima este volumul citatelor, numărul mediu al referinţelor citate de fiecare lucrare. In cursul întregii activităţi ştiinţifice, media generală este de ordinul de mărime a zece citate pe lucrare. Dacă într-un domeniu există un număr cu mult mai mic, de pildă, unul sau două citate, sau chiar nici unul, se presupune că în acest domeniu lucrările nu se pot baza pe alte lucrări anterioare. Foarte adesea, în revistele tehnologice sau profesionale se pot găsi astfel de articole, care au doar valoarea informativă sau urmăresc un alt scop şi nu pe acela de a aduce o contribuţie la erudiţie. Dacă, pe de altă parte, numărul referinţelor este mai mare de zece, de pildă, treizeci sau patruzeci, se poate presupune că este vorba de un alt tip de lucrare, probabil o trecere în revistă a lucrărilor care rezumă toate lucrările anterioare dintr-un anumit domeniu.

A doua variabilă se referă la modul în care referinţele existente leagă noile lucrări de cele anterioare, în domeniile care sînt predominant non ştiinţifice, orice material publicat vreodată are aproximativ aceeaşi şansă de a fi citat, indiferent de data publicării. Lucrările din toate timpurile pot fi foarte bune sau foarte slabe, dar amestecul pare a fi aproximativ acelaşi pentru toate datele vechi sau moderne. în domeniul ştiinţei, situaţia este cu totul diferită; aşa

oum a spus cîndva tatăl lui Heisenberg, fiecare lucrare apare cu un termen de garanţie de numai trei luni. Lucrările foarte recente sau cele atît de recente încît de-abia au avut timp să circule sub formă de manuscrise şi care bineînţeles nu au fost încă publicate, sînt deseori mult mai valoroase, mai des citate, decît lucrările care au fost în circulaţie un timp suficient de îndelungat pentru ca seva lor rodnică să fi fost deja epuizată şi pentru ca, în orice caz, conţinutul lor să fie cunoscut de toţi. în domeniile ştiinţifice normale, referinţele la lucrările publicate în ultimii cinci ani reprezintă aproximativ 30%. în disciplinele ştiinţifice cele mai greu accesibile, cum este biologia moleculară şi fizica teoretică a marilor energii, în care oamenii de ştiinţă se urmăresc de aproape, pas cu pas, proporţia poate creşte pînă la 70%. în unele domenii cu particularităţi arhivistice, cum sînt taxonomia zoologică şi botanică, în care sînt preferate arhetipurile mai vechi, proporţia lucrărilor recente poate fi de numai 15%.

Ştiinţa cea mai dificilă se dezvoltă dintr-o peliculă foarte subţire, pe cîtă vreme erudiţia obişnuită se dezvoltă din corpul de cunoştinţe care o alcătuieşte. Dez- voltîndu-se doar din peliculă, proliferarea este legată în mod concentrat de cîteva articole în loc să fie legată în mod difuz de foarte multe. Din nefericire nu dispunem de o formulare matematică convenabilă a proprietăţilor statistice a reţelelor de acest gen, iar diferitele interrelaţii au fost stabilite şovăitor prin ghicit şi conjecturi. în cîteva cazuri în care se poate izola un subiect-eşantion suficient de mic pentru a fi examinat în amănunt, se poate trasa o diagramă completă a acestei structuri. Din aceasta rezultă că ştiinţa are un front de cercetare cu o adîncime de aproximativ patruzeci lucrări; orice lucrare

anterioară acestora tinde să fie inclusă în reviste şi apoi în manuale — în măsura în care îşi menţine valabilitatea. Majoritatea lucrărilor există doar în scopul de a permite efectuarea unui pro- greş mărunt şi de natură curentă; după înfăptuirea acestuia, lucrarea care l-a provocat devine inutilă. Ea nu este menită să fie înmagazinată şi să intre în arhivă, deşi oamenii de ştiinţă au o superstiţie foarte puternică, şi anume că publicarea este oarecum o datorie aproape sacră care permite ca contribuţia respectivă să fie citită în această arhivă perpetuă şi nemuritoare.

Mitologia unei arhive are rădăcini adînci în viaţa ştiinţei şi merită analiza cea mai asiduă. Faptul că omul de ştiinţă realizează un maximum în privinţa proprietăţii intelectuale private prin intermediul publicaţiei celei mai largi constituie un paradox curios. Cheia acestui paradox o constituie publicaţia. Articolele şi revistele există ca un mijloc de publicare rapidă, de preferinţă împreună cu conferirea unei aureole de prestigiu şi aprobare, prin rangul revistei şi discreţia stima- ţilor editori. Există puţine dovezi că acest gen de reviste şi articole ar fi citite efectiv ca mijloc de transmitere a informaţiei ştiinţifice astfel imprimate. Aceste cunoştinţe au fost deja transmise frontului de cercetare prin mijloacele particulare şi neformale de circulaţie. Desigur că publicaţia larg difuzată este răsfoită pentru a şti cine şi ce a realizat ceva în săptămîna respectivă şi ea este firește mijlocul prin care absolvenţii universitari pot ajunge pînă la frontul cercetării printr-o lectură asiduă. Nu ar servi la nimic dacă ştiinţa ar putea înainta atît de repede încît oamenii de ştiinţă încă în fază embrionară nu ar putea ajunge din urmă frontul acesta în continuă înaintare.

Se pare că oamenii de ştiinţă au toate motivele să

publice, dar nu şi să citească. Este un fapt destul de interesant, că în domeniul tehnologic situaţia este cu totul diferită. Tehnologia ar putea fi eventual definită ca un domeniu în care produsul principal urmărit este un produs fabricat, un proces, o substanţă chimică şi nu o lucrare ştiinţifică. Deşi pot exista şi .publicaţii (probabil ca o imitaţie a ştiinţelor recunoscute), este evident că acestea au caracterul unui epifenomen. Tehnologii nu doresc să publice în mod util — nu există o tradiţie de a da concurenţilor un avans util — dar ei doresc foarte mult să citească pentru a vedea dacă o inadvertenţă nu le deschide o perspectivă de pe urma căreia să realizeze un progres util de însemnătate practică. în cea mai mare parte, o astfel de criză de literatură — care este discutată adeseori — este o construcţie artificială a tehnologilor care cred în existenţa unei arhive utile de informaţii ştiinţifice, la care ei au un acces extrem de anevoios. De fapt, genul de materiale de care ei au nevoie nu este nicidecum publicat. Omul de ştiinţă este preocupat de publicarea unui material cu totul diferit.

Revelaţia cea mai surprinzătoare a unei asemenea analize este că dacă ştiinţa şi tehnologia sînt definite cu acest gen de termeni, în locul definiţiei folosite curent, în funcţie de intenţia urmărită — definiţie oarecum şubredă şi naivă, — analiza relaţiilor ce ar putea exista între diferitele părţi ale ştiinţei şi diferitele părţi ale tehnologiei devine o sarcină extrem de complicată. Pînă la punctul în care am putut duce această analiză, ştiinţa şi tehnologia sînt acumulări separate şi aproape independente. Ştiinţa mai veche dă naştere ştiinţei noi într-un ritm constant prin intermediul unei reţele de literatură, iar în mod analog tehnologia veche dă naştere tehnologiei noi printr-o reţea care constă nu din literatură, ci din *know-how,*

care este înregistrat doar parţial în brevete, reclame şi cataloage comerciale. Cred că între cele două reţele există ceea ce fizicianul ar numi o „interacţiune slabă[11], adică nimic mai mult decît este necesar pentru a menţine cele două acumulări în acelaşi pas. Numai în mod atipic, în acele incidente traumatice rare care devin o legendă, aşa cum sînt tranzistoarele şi penicilina, un fragment dintr-o ştiinţă nouă determină imediat sau rapid un progres în domeniul tehnologiei. în majoritatea cazurilor, transferul de la una la cealaltă se face prin intermediul oamenilor care migrează dintr-o parte în cealaltă în cursul pregătirii profesionale sau al schimbării ocupaţiei. în orice caz, este cu totul greşit să se creadă că tehnologia ar fi echivalentă cu ştiinţa aplicată.

într-adevăr, în ce priveşte interacţiunea dintre ştiinţă şi tehnologie intervine o complicaţie şi mai mare. Este posibil ca unele tehnologii să nu aibă nimic comun cu ştiinţa. O parte însemnată din tehnologia maşinilor cu aburi nu a avut absolut nici o legătură cu termodinamica, iar o parte însemnată din activitatea tehnică se desfăşoară după aceleaşi principii ca invenţia acelor de siguranţă sau a fermoarelor, printr-un inventator la domiciliu sau un mecanic de la magazinul de biciclete, şi nu printr-o pregătire „ştiinţifică[11]. O parte însemnată din activitatea care poartă denumirea, devenită în prezent tradiţională, de „dezvoltare[11] şi chiar de „cercetare aplicativă“, constă în activitatea pe care trebuie să o depună fabricantul pentru a verifica şi a începe fabricaţia unui produs nou. Dacă această încercare şi începere a producţiei se bazează pe o pregătire ştiinţifică considerabilă, cred că ea ar trebui denumită cercetare, dar dacă ea este foarte apropiată de fabricaţie, de pildă, o operaţie pilot, ar fi

preferabil să o includem ca o parte a procesului şi a cheltuielilor necesare producţiei.

Problema centrală a ştiinţei ştiinţelor poate fi lămurită întrucîtva ca urmare a unor cercetări noi în domeniul economiei ştiinţei care sînt prezentate pentru prima dată în lucrarea de faţă. Aş putea adăuga că acesta pare a fi un caz grăitor de descoperire simultană; mai mulţi oameni de ştiinţă, din diferite ţări, au avut în mod concomitent aceeaşi idee şi, desigur, că fiecare din noi consideră că el este adevăratul creator şi iniţiator al acestei noţiuni. Noi toţi am descoperit o regularitate destul de interesantă la unele tipuri de date la care nu s-au observat niciodată regularităţi demne de menţionat.

Intr-o formă concisă, problema care se pune este de ce Statele Unite, de pildă, produc aproximativ o treime din întregul volum de fizică şi chimie şi din alte cîteva domenii ştiinţifice. De ce contribuţia acestei ţări este de o treime şi nu, de pildă, de aproximativ 6% cît este cota-parte a sa în populaţia mondială, sau de 90%, sau orice altă proporţie? Se mai poate pune întrebarea: de ce Canada şi India publică fiecare 2% din volumul mondial de lucrări ştiinţifice, deşi populaţia Indiei este de 25 de ori mai mare decît cea a Canadei? Nu numai că numărul publicaţiilor acestor ţari este aproape egal, dar şi societăţile şi organizaţiile lor guvernamentale şi profesionale sînt de aproximativ aceeaşi mărime, structură şi complexitate, deşi desigur ele sînt diferite, aşa cum şi ţările diferă în ce priveşte politica şi filozofia lor. Ştiinţa trebuie să fie universală. Nu există decît o singură ştiinţă a fizicii şi nu importă dacă ea este abordată de oameni aparţinînd unei religii sau alteia, unei politici sau alteia.

Descoperirea noastră constă pur şi simplu în faptul

că dimensiunea efortului ştiinţific depus de fiecare ţară este proporţională nu numai cu mărimea populaţiei acestei ţări, dar şi cu un element ca avuţia pe locuitor din această ţară. Dacă înmulţim populaţia cu avuţia pe unitatea de populaţie obţinem avuţia totală. Ajungem, aşadar, la concluzia că în orice moment producţia ştiinţifică a diferitelor state trebuie să fie proporţională cu produsul naţional brut (sau cu ceva în acest gen) al fiecărui stat. Nu este cazul să se depună eforturi în vederea perfecţionării în continuare a teoriei pentru a vedea care din diferitele definiţii ale P.N.B., venitului personal etc., ar trebui folosită — toate sînt echivalente pentru nevoile acestui calcul aproximativ. Pentru a transpune rezultatul în termenii în care a fost pusă întrebarea, S.U.A. produc o treime din volumul ştiinţei mondiale pentru că ele deţin aproximativ o treime din bogăţia mondială.

în tabelul 7 sînt prezentate o serie din datele existente referitoare la numărul lucrărilor publicate în *Physics Abstracts* şi *Chemical Abstracts,* împreună cu cele privind avuţia şi populaţia din principalele ţări ale globului care au un rol destul de însemnat în publicaţiile ştiinţifice ce constituie rezerva noastră comună. Se poate observa cu uşurinţă fără a recurge la aparatul corelaţiilor statistice, că la majoritatea ţărilor există o concordanţă suficient de mare între cota-parte a avuţiei şi aceea a ştiinţelor pure. Pvegatul Unit şi Israelul prezintă date disproporţionate cu privire la ştiinţă, pentru că în aceste ţări se realizează în domeniul publicaţiilor proporţional mult mai mult decît cota-parte din P.N.B. Contribuţia lor la ştiinţă este destul de mare sau, ca să privim reversul medaliei, P.N.B.-ul acestor ţări este neobişnuit de scăzut pentru state în care

ştiinţa este la un nivel atît de ridicat. Spania, Mexicul, pe de altă parte, au o contribuţie la ştiinţă mai mică decît ar trebui în raport cu produsul naţional brut.

Tabelul 7

Procente din totalul mondial

Ţara	*Cota-parte din P.N.B. 1964*	*Procentul lucr.publ. în „Phys. Abs”.* 1961	*Procentul lucr.publ. în „Chem. Abs”.1965*	*Cota-parte a popu-laţiei 1964*
S.U.A.	**32,8**	**31,5**	**28,5**	**5,9**
U.R.S.S.	**15,6**	**15,6**	**20,7**	**7,0**
R.F. a	**5,21**		**6,3**	**1,8**
R.D.G.	**0,8)**	**6,21**	**2,2**	**0,5**
Regatul Unit	**4,8**	**13,6**	**6,7**	**1,6**
Franţa	**4,5**	**6,3**	**4,5**	**1,4**
Japonia	**3,6**	**7,8**	**7,3**	**2,9**
Italia	**2,6**	**3,4**	**2,7**	**1,5**
Canada	**2,2**	**1,1**	**2,0**	**0,6**
India	**2,2**	**1,8**	**2,2**	**14,4**
Polonia	**1,6**	**1,5**	**2,9**	**0,9**
Australia	**1,1**	**0,5**	**1,2**	**0,3**
România	**1,0**	**0,6**	**0,9**	**0,5**
Spania	**0,9**	**0,2**	**0,4**	**1,0**
Suedia	**0,9**	**0,7**	**0,9**	**0,2**

Din dările de seamă mai amănunţite privitoare la repartiţia unor domenii speciale în toate ţările de pe glob am ajuns la concluzia că, într-o primă aproximaţie, toate domeniile ştiinţei pure sînt distribuite destul de normal, aşa cum am văzut în cazul fizicii şi chimiei. Există un fel de echipartiţie; dacă o ţară deţine lo/o din întregul volum al fizicii pe plan mondial, atunci probabil că ea deţine ş.i l°/o din ştiinţa matematică pură şi 1% din biochimie. Echilibrul între diferitele ştiinţe se modifică doar puţin de la o ţară la alta, şi doar foarte treptat, în cursul timpului, în interiorul unei ţări. în ce priveşte ştiinţele aplicate, situaţia apare foarte diferită: state cu un nivel foarte înalt al agriculturii au şi o ştiinţă agrară foarte dezvoltată,

iar cele în care agricultura nu există, nu au o ştiinţă agrară dezvoltată. Acelaşi lucru se întîmplă şi în alte domenii ale ştiinţelor aplicate ca industria minieră, construcţiile mecanice, producţia de avioane etc. Ştiinţele aplicate sau activitatea tehnologică a fiecărei naţiuni — indiferent de denumirea ce li se dă — depind de mult mai multe lucruri decît de avuţia ţării respective. Se pare că fiecare naţiune este în totul îndrituită să adopte decizii proprii în vederea repartizării forţei de muncă în domeniile valoroase din punctul său de vedere, dar nu neapărat şi din cel al altor ţări. Şi de data aceasta ştiinţa satisface o constrîngere de ordin internaţional: cine ia parte la joc trebuie să se conformeze modului în care se desfăşoară lucrurile pe plan internaţional, iar în caz contrar tendinţa este a nu participa de loc la acest joc.

Implicaţiile acestei egalităţi, formulate cu titlu experimental, între producţia ştiinţifică şi avuţia economică a statelor sînt considerabile; ele ar putea avea cea mai mare însemnătate în toate problemele de politică ştiinţifică generală. Pe scară mondială, se publică anual aproximativ 700 000 lucrări ştiinţifice, scrise de un număr aproape egal de autori, iar P.N.B. al întregului glob este de aproximativ 2 000 • de miliarde dolari. De aceea trebuie ca fiecare ţară să aibă un P.N.B. de trei milioane dolari pentru fiecare lucrare ştiinţifică din ţara respectivă sau aproximativ aceeaşi sumă pentru fiecare autor. Dacă calculăm un salariu mediu de aproximativ 10 000 dolari anual şi un volum egal de cheltuieli generale pentru clădiri şi utilaje, secretari şi clame pentru hîrtie, rezultă că costul oamenilor de ştiinţă se ridică la O,7o/$_0$ din P.N.B. al fiecărei ţări care participă la ştiinţa modernă. O cale alternativă pentru a ajunge la

acelaşi rezultat este de a considera ca cifră convenită şi normală a indicelui costului cercetării suma de aproximativ 20 000 de dolari pentru fiecare lucrare publicată. Trebuie remarcat însă că ambele calcule şi rezultatul final de 0,7% din P.N.B. se referă doar la situaţia actuală. S-ar putea ca modificările în timp să fie foarte rapide. Atît salariile oamenilor de ştiinţă cît şi P.N.B. (sau venitul personal) al ţărilor tind să crească paralel într-un ritm tipic de aproximativ 4% anual. Cantitatea de muncă ştiinţifică exprimată în numărul de lucrări şi de oameni de ştiinţă creşte mult mai repede, dublîn- du-se, la fiecare interval de zece ani. Rezultă, aşadar, că numai pentru a menţine situaţia actuală, fiecare ţară trebuie să dubleze procentul din P.N.B. al cheltuielilor pentru ştiinţă pură, în fiecare deceniu. Deşi în prezent[1] cifra este de 0,7%, în 1956 ea era doar de O,3«/o, în 1976 va fi de 1,5%, iar în 2006 va fi de 12%, presupunînd că se vor menţine condiţii similare.

Desigur că astfel de condiţii nu pot fi valabile la infinit şi, într-adevăr, ele încep să se modifice destul de rapid, deoarece în ţările cele mai dezvoltate, procentul de 0,7% pe care l-am calculat este doar o mică fracţiune —■ aproximativ o cincime sau un sfert din cheltuielile totale pentru ceea ce este denumit, tradiţional, C & D, cercetare şi dezvoltare. Deoarece am calculat deja procentul de 0,7% (cu eventuale variaţii între 0,35 şi 1,4%), care reprezintă suma necesară pentru finanţarea ştiinţelor pure (şi eventual a oricărei „tehnologii pure[11]), rezultă că celelalte două treimi sau [LXVI] trei pătrimi ale cheltuielilor naţionale trebuie să fie consacrate achiziţiei de tehnologie, probabil pentru achiziţia acelui gen de tehnologie

LXVI După efectuarea acestui calcul, acest procent s-a urcat în 1969/70 la aproximativ lo/₀.

care poate fi considerată „cercetare[14], cu întreaga aureolă a ştiinţei şi nu a fabricaţiei simple. Dacă am cheltui 12% din P.N.B. pentru ştiinţele pure, pentru a păstra acelaşi echilibru ar trebui să cheltuim în total jumătate sau două treimi din P.N.B. pentru cercetare şi dezvoltare — o sumă de neconceput.

In momentul de faţă, cheltuielile totale ale S.U.A. pentru C & D sînt de ordinul a 3,5% din P.N.B., iar cu zece ani în urmă ele se ridicau la 1,4% din P.N.B. Aşadar, cifrele sînt de aproximativ cinci ori mai mari faţă de calculele noastre pentru componenta pură a cunoştinţelor ştiinţifice universale, adică industria producătoare de lucrări. Există motive temeinice pentru care numărul maxim de oameni de ştiinţă folosiţi în afara industriei cunoaşterii trebuie să fie, cel mult, de trei sau patru ori mai mare faţă de numărul celor care au fost enumeraţi printre oamenii de ştiinţă pură. în mod tradiţional, în domeniul ştiinţei, doar aproximativ 20% din deţinătorii unui titlu de doctor sînt reprofilaţi pentru a deveni profesori la colegii. In ştiinţele umaniste, cifra convenţională este de aproape 80 sau 90%, astfel încît în această ramură producţia ce prisoseşte este foarte limitată. Principalul serviciu pe care umaniştii îl aduc comunităţii este educarea tineretului pînă la obţinerea diplomei; la nivelul celor care au obţinut o diplomă, activitatea principală a acestei categorii de oameni de ştiinţă este de a reproduce speţa lor, învăţîndu-i pe studenţi cum să devină profesori pentru a instrui un număr mai mare de studenţi, într-un ciclu fără sfîrşit. In ştiinţe, excedentul depăşeşte nevoile reproducerii cu un factor egal cu patru.

0 metodă aproximativă care explică aceasta constă în utilizarea ratei cunoscute a creşterii exponenţiale pentru a determina nevoile de autoreproducere.

Pentru fiecare 100 de oameni de ştiinţă activi este necesar să se formeze în fiecare an aproximativ alţi 7 oameni de ştiinţă; presupunînd că acesta este un proces care durează patru ani, vor exista aproximativ 30 de studenţi în fiecare moment, iar ţinînd seamă de media pe întreaga ţară, este nevoie de cel mult 20 de profesori pentru instruirea lor. Rămîn deci aproximativ 80 de oameni de ştiinţă activi care pot să nu fie profesori; după cum era de aşteptat, proporţia este de 4 la 1.

Desigur că această proporţie este valabilă doar dacă oamenii de ştiinţă activi funcţionează în acelaşi gen de domeniu ştiinţific, indiferent dacă sînt profesori sau servesc comunitatea procurîndu-i alte servicii sau produse. Aşadar, este posibil să se folosească în industriile bazate pe fizică un efectiv aproximativ de patru ori mai mare decît efectivul personalului didactic din ramura fizicii, iar în chimie o proporţie asemănătoare etc. Nu se poate lua pur şi simplu hotărîrea de a proceda la o largă utilizare a forţei de muncă disponibile, de pildă în domeniul cercetărilor agronomice, deoarece efectivul disponibil în domeniile înrudite ale biologiei este doar de patru ori mai mare decît cel din ştiinţa pură iar volumul cercetărilor biologice, ca şi cel din celelalte ştiinţe, este fix, se află şi în echilibru cu fiecare din celelalte cercetări, iar în totalitatea lor cercetările sînt în echilibru cu avuţia ţării.

S-ar părea că în ţările mai mici şi mai puţin dezvoltate, cheltuielile curente totale în domeniul ştiinţei pot reprezenta proporţia calculată de minimum l»/o- Orice cheltuieli peste acest procent, pînă la o depăşire posibilă cu un factor egal cu 4, presupun sprijinul din partea tehnologiilor asociate. Desigur că aceasta este o problemă vitală, dar asupra căreia nu

s-au făcut nici cel puţin speculaţii pentru a determina dacă avuţia naţiunilor este rezultatul atenţiei acordate acestei evoluţii în domeniul tehnologiei, sau dacă volumul cheltuielilor suportate se datorează avuţiei. In orice caz, în prezent ştim că există tendinţa unei corelaţii urcate astfel încît este raţional să presupunem, ca o problemă de politică, că fiecare ţară ar trebui să cheltuiască aproximativ 0,7«/o din P.N.B. pentru a-i subvenţiona pe cei a căror profesie este de a activa în industria cunoaşterii şi de a publica lucrări ştiinţifice. Ţările în cauză ar putea cheltui apoi pînă la de patru ori mai mult în orice sector ar dori, în care forţa de muncă calificată poate fi folosită în procesele tehnologice cerute de nevoile specifice şi de industria ţării respective.

Indice

Aaboe, Asger 17
Academia del Cimento 91
Academia Naţională de Ştiinţe (Naţional Academy of Sci- ences) 72
Acceleratoare 25, 40, 49 n., 51, 52
Africa 136
Allen, Ernest M. 128 n.
American Men of Science (Oameni de ştiinţă americani) 60—61, 81, 180
American Philosophical Society 115
Aparatura ştiinţei 22, 25, 38, 51, 119, 120, 123
Arhimede 38, 153
Articole (lucrări) ştiinţifice 30, 37, 39, 58, 61—87, 90—93, 97—124, 129, 130, 174, 186, 192
Atherton, Pauline 162 n.
Autori multipli 120—124, 161

Babbage, Charles 36
Badash, Lawrence 120 n.
Barber, Bernard 92, 95, 143 n.
Beethoven, Ludvig van 99, 182 Bernal, John 5, 174
Bibliografia societăţii Regale referitoare la literatură ştiinţifică 66
Biblioteca Centrală Ştiinţifică (Londra) 106
Biblioteca Congresului (S.U.A.) 87 n.
Biblioteca de Ştiinţe din Londra 106
Blewett, J. P. 17, 49 n.
Bourbaki, Nicolas 120 n.
Bowditch, Nathaniel 36
Boyle, Robert 38, 145 n., 158 Brahe, Tycho 24, 175

Cairo 50 n.
Cambridge, concursuri matematice 76 n.
Canada 164, 170, 189, 191
Cape Canaveral (actualmente, Cape Kennedy) 24, 40
Caroll, Lewis 143
Catalogul Societăţii Regale de Scrieri ştiinţifice 159
Cattell, J. McKeen 60, 61
Cayley, Arthur 74
Cercetarea asupra cercetării, (legile) 176, 181
Cheltuieli pentru ştiinţă 22, 38—41, 53, 62, 87, 126—128, 130, 138, 140—142, 146, 147, 158, 171, 193, 194
Chemical Abstracts 67—69, 72, 120, 121, 129, 159, 162, 190
Chimice, elemente 51, 52
China 135, 136
Cibernetica 47, 129
Cockroft, Sir John 120
Colegii invizibile 118, 124, 140, 141, 147, 151
Copernic, Nicolas 99
Cristalizare 84, 85, 107, 132, 137, 139

Curie 120, 145 n.
Current Cantents 165

Dactiloscopie 56 Darwin, Erasmus 56, 57 Davy, Sir Humphrey 36, 50
Decelerare 43—53, 128, 138 Dedijer, Stevan 140 n.
Dennis, Wayne 65, 73
Descoperiri multiple (simultane) 94—100, 105. 161, 189
Deutsch, Karl W. 99 n.
Distribuţia tip Poisson (vezi Poisson, distribuţia)
Dublare, perioada de 27—32, 37, 42, 44, 50, 60—62, 72, 104, 109, 111, 126, 127, 129, 135, 136, 160, 176
Dupree, A. Hunter 141 n.

Econometrie 82
Eddington şi Jeans 156
Eiduson, Bernice 145 n.
Einstein, Albert 22, 64
Encyclopaedia Britanica 66
English Men of Science 57—59 Eponimică, nemurirea 38, 112 Escaladare 47, 49, 50—54 Exponenţială, creştere (vezi şi decelerare) 26—30, 33—47, 58, 62—64, 82—84, 86, 90, 102, 107, 108, 112 n., 126, 129, 133—138, 160, 160, 176, 177
Fechner, Legea lui 75, 77, 83, 128
Fermi, Enrico 49, 99
Forţa de muncă feminină 81 Forţa de muncă în ştiinţă 12, 30, 32, 38, 39, 41, 53, 54, 61, 81, 83, 107, 114, 122—124, 128, 131, 133, 136, 139, 140, 152, 155, 176, 177
Franklin, Benjamin 37
Franţa 129, 130, 170, 191
Fulbright, 119
Fussler, Herman 110

Galileu 38, 98, 174
Galton, Francis 56—62, 76 n., 81, 95, 145
Garfield, E. 154
Gauss, Distribuţia tip 70, 75, 181
Genetica 56—58
Geniu ereditar 57—59
Gilpin, Robert 151
Goffard, S. J. 110 n.
Goudsmit, S. A. 120 n.
Graubard, S. E. 22 n.
Gross, E.M. 112
Gross, P. L. K. 112

Haldane 175
Halmos, Paul 120 n.
Haos 13
Harmon, Lindsay 78, 79
Heisenberg 184
Hipocrat, Jurămîntul lui 150 Holmes şi Watson 120
Holton, Gerald 22 n., 47

Hooke, Robert 98
Huygens, Christian 145 n.
Hven 24

Indexul de citate ştiinţifice *(Science citation index)* 183
India 24, 136, 164, 170, 189, 191 Institute naţionale de sănătate 127
Internaţional Directory of Re- search and Development Sci- entists 165
Internaţional Index 171
Israel 158, 165, 170, 190
Italia 170, 191

Jai Singh 24
Japonia 118, 130—135, 170, 191
Jeans şi Eddington 158
Johnson 128
Journal des SQavans 37

Keenan, Stella 162 n.
Kelvin, Lord 145
Kepler, Johannes 98, 175, 176
Klein, David 17
Kowarski, L. 120 n.
Kronick, David 37 n.
Kuhn, Thomas 95

Laboratoarele Brookhaven 11, 40, 49 n., 119
Lasky, S. G. 48, 49 n.
Lavoisier, Antoine 145
Liebig, Justus von 123
Lindsey, Dale R. 128 n.
Livingston, M. S. 49 n.
Logistică, Creşterea 42—53, 58, 60, 61, 82, 85, 88, 115, 129, 138, 150
Lotka, Legea lui 68—73

Mackinnon, Donald W. 145
Manhattan, Proiectul 24, 40 *Mathematical Reviews* 122 n. Maxwell, James Clerk 37, 145 n., 146
Meiji, Era 132
Mendel, Gregor 57, 114
Merton, Robert 94, 95, 157, 183 Michelangelo 99
Milton 128
Motivaţia oamenilor de ştiinţă 38, 113 n„ 124, 128, 139—147

Newton, Sir Isaac 22, 37, 92, 145 n., 176, 180 Nobel, Premiul 63, 83 n.
Nonconformism („mavericity") 143, 144, 147

Olanda 25, 164
Oppenheimer 38
Oraşe, creşterea lor 85, 86, 107, 129

Pareto, Legea lui 75, 77, 82, 83, 85, 88, 107, 114. 122, 130, 181
Pătratul invers, Legea 67, 68, 72, 73 Pearson, Karl 56 n. Petty, Sir William 56
Philosophical Transactions of the Royal Society 37, 68—70, 72, 91, 92
Physical Review Letters 113, 119
Physics Abstracts 159, 162, 190 Planck, Max 38, 157, 183 Poisson, Distribuţia 70, 96, 162

Price, Derek J. de Solia 29 n., 30, 40, 154, 162
Prioritate 94—100, 103, 104, 113, 183
Profesiuni paraştiinţifice 173

Războaie, efectul lor asupra ştiinţei 39, 40, 89, 111, 115, 116, 123, 128, 130, 134
Referinţe 93, 102, 110—113, 184, 185
Regatul Unit (Anglia) 59, 60, 131, 132, 139, 149, 169, 170, 190, 191
Reif, F. 98
Repertorium Commentationum a Societatibus Litterariis Edi- torum 159
Repertoriul internaţional al oamenilor de ştiinţă din domeniul Cercetării şi Dezvoltării (Vezi *Internaţional Directori/* etc.)
Reuss, J. D. 159
Revista de matematică (vezi *Mathematical Reviews)*
Reviste de rezumate *(Abstract Journals)* 30, 31, 40, 103 n.
Reviste ştiinţifice 29, 30, 36, 39, 53, 61—65, 68, 78, 87, 91, 92, 99, 101, 103—111, 113—115, 117, 122, 136 n., 141
Rezumate de chimie (vezi *Che- mical Abstracts)*
Rich, Barnaby 91
Rieman, F. 66 n.
Rochester, Conferinţa 116
Roe, Anne 145 n.
România 166, 167, 170, 191
Royal Society (Societatea Regală) 37, 59, 67—69, 91, 92. 115, 118,
Royal Society Bibliography of Scientific Literature 1800— 1900, 66, 159
Rumford, Contele 145 n.
Rutherford, Lord 123

Saggl, 91 n.
Salk, Vaccinul lui 146
Samarkand 24
Sarton, George 173
Saturaţie 43—54, 58,

82—83, 130, 136, 148, 150
Science Citation Index 138
Scotland Yard 56
Shizume, Eri Yagi 132 n.
Shockley, William 76 n.
Simon, Herbert A. 67 n.
Societatea de Eugenie 56
Societatea Regală (vezi Royal Society)
Societăţi ştiinţifice 29, 63, 91
Sputnik 40, 129
Statele Unite 30, 41, 60, 81 86—88, 122 n„ 130, 135, 139, 148, 150, 156, 164, 166, 169, 170, 174, 189, 190, 191, 194
Ştiinţă a ştiinţelor (ştiinţă despre ştiinţă) 8, 154, 174
Supradezvoltate, Ţări 153, 161

Tehnologia şi publicaţiile ştiinţifice 186, 187
Termodinamica 12, 13
Testul de Clasificare Generală în Armată (A.G.C.T.) 62, 76—80
Thompson, D'Arcy 44 n.
Tranziţiile (trecerile) lui Venus 25
Tulpina de fasole, creşterea 44

Ulugh Beg 24
Universităţi, înfiinţate 49, 50
Urmărirea („vînătoarea") fenomen cibernetic 46, 49, 53
Urquhart, D. Y. 106
U.R.S.S. 81, 130, 135, 136, 141, 148, 169, 170, 191
Utz, W. R. 132 a. Visher, S. S. 60 n.

Walton, Ernest 120
Weber, Legea lui 75
Weinberg, Alvin 23 n.
Weiss, Paul 110 n.
Westbrook, J. H. 100 n.
Weston, R. E. 123
Windle, C. D. 110 n.

Zipf, G. K. 17, 77, 86 n., 86, 181 Zuckerman, Comitetul 131

Cuprinsul

Cuvînt înainte.....
Conferinţele „George U. Pegram”.....
Prefaţă .....
Prefaţă la ediţia românească.....
Mulţumiri

(1) PROLOG LA O ŞTIINŢĂ A ŞTIINŢEI.....
(2) REVENIND EA GALTON.....
(3) COLEGII INVIZIBILE ŞI **„NAVETISTUL" ŞTIINŢIFIC OPULENT** . .
(4) STRATEGIA POLITICĂ PENTRU OAMENII ŞTIINŢEI MARI.....
(5) MĂSURA DIMENSIUNII ŞTIINŢEI.....
(6) CERCETARE ASUPRA CERCETĂRII .....
Indice.....

Redactor: Doina Bftdilă
Tehnoredactor: Gheorghe Popovici

Coli de tipar: 12,75.
Indici pentru clasificarea zecimalfi:
biblioteci mari: 001 :8, biblioteci mici: 001

Întreprinderea Poligrafică Cluj, str. Brassai nr. 5—7,
Republica Socialistă România. Comanda nr. 424/1971.

La pag.	Rindul	în loc de	Se va citi
117	3	tru comunicări zilnice. Există un aparat elabo-	tru expedierea, nu nu- mai de rei.mprimări

de
rat pen- **publicaţii**

Ştiinţă mică, ştiinţă mare